

Technische Universität Dresden  
Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften  
Institut für Kartographie

# **Bachelorarbeit**

## **Eine vergleichende Analyse zur Nutzung analoger und digitaler Karten in der Flugnavigation**

Vorgelegt von: Wieland Richter  
Geboren: 07.08.1969 in Leipzig  
Matrikel-Nr.: 3088774  
Studium/Jahrgang: Kartographie und Geomedientechnik 2008

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dirk Burghardt

Abgabe: 31. Januar 2012



## Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit

**Studiengang:** Kartographie und Geomedientechnik

**Name des Studenten:** Wieland Richter

**Thema:** Eine vergleichende Analyse zur Nutzung analoger und digitaler Karten in der Flugnavigation

A comparative analysis on usage of analog and digital charts in air-navigation

### Zielsetzung:

Auf dem Gebiet der Flugnavigation hat die Darstellung raumbezogener Informationen traditionell eine herausgehobene Bedeutung. Aktuelle Entwicklungen sind gekennzeichnet durch Einsatz digitaler Technologien, welche Einfluss auf Herstellung und Nutzung der Luftfahrtkarten haben. Mit der Kapazitätssteigerung im Verkehrssystem Luftfahrt und einhergehender Informationszunahme besteht heute der Zwang zur effizienten Informationsdarstellung und -verarbeitung durch den Piloten.

In der Arbeit soll zunächst der Ist-Stand analoger Kartennutzung in der Flugnavigation beschrieben werden. Hierfür sind für die Flugdurchführung relevante Informationen und Informationsquellen aufzuzeigen und zu beschreiben. Die sich ergebenden Anforderungen und Besonderheiten an Luftfahrtkarten insbesondere hinsichtlich kartographischer Gestaltung sollen abgeleitet werden. Zu unterscheiden sind hierbei verschiedene Kartentypen in Abhängigkeit von den Flugphasen.

Aufbauend auf dieser Analyse werden Potentiale und Möglichkeiten sowie Grenzen digitaler Flugkarten vergleichend gegenüber gestellt mit dem Schwerpunkt auf kartographischer Gestaltung und Interaktionsmöglichkeiten. Herauszuarbeiten sind Nutzungsaspekte, die beim Übergang von analogen zu digitalen Karten entfallen bzw. erhalten bleiben oder neu hinzukommen. Außerdem ist zu untersuchen inwieweit Adaptionseigenschaften sowohl zur Anpassung an individuelle Bedürfnisse als auch an Kontextfaktoren zur Verfügung stehen oder entwickelt werden könnten.

Einzureichen sind zwei gedruckte Exemplare und die digitale Fassung der Arbeit in Form einer CD. Weiterhin ist eine Publikation des Textteils der Arbeit auf dem Publikationsserver Qucosa der SLUB anzustreben.

### Einstiegsliteratur:

- Kuse, D. (2008), A contribution to an Optimized Layout for Digital Aeronautical Charts, Diplomarbeit, TU-Dresden.

**Betreuer:** Prof. Dr.-Ing. Dirk Burghardt

**Ausgehändigt am:** 17.11.2011

**Einzureichen am:** 26.01.2012

  
Betreuender Hochschullehrer

# Inhalt

Abbildungen .....	V
Tabellen .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
1 Einleitung .....	1
2 Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung .....	3
2.1 Handbücher .....	3
2.1.1 Luftfahrthandbuch .....	3
2.1.2 Jeppesen Airway Manual .....	4
2.1.3 Lido RouteManual .....	5
2.2 Änderungsdienst .....	6
2.3 Wetterkarten und -meldungen .....	7
2.4 Flugleistungsdaten und Flugdurchführungsplan .....	9
2.5 Flugbetriebliche Dokumentation und Mindestausrüstungslisten .....	10
3 Luftfahrtkarten .....	11
3.1 Standardisierung und Einteilung .....	11
3.2 Anforderungen bei der Nutzung .....	13
3.3 Luftfahrtkarten für Sichtflüge .....	15
3.4 Luftfahrtkarten für Instrumentenflüge .....	16
3.4.1 Abflugkarten .....	18
3.4.2 Streckenkarten .....	20
3.4.3 Anflugkarten – Nahverkehrsbereich .....	24
3.4.4 Anflugkarten .....	26
3.4.5 Rollkarten .....	32
3.5 Ausgangsdaten und Herstellungsprozess .....	34

4	Integration digitaler Luftfahrtkarten .....	41
4.1	Electronic Flight Bag	41
4.1.1	EFB-Klassen/Integrationsstufen	42
4.1.2	Relevante Publikationen	46
4.2	Besonderheiten der Bildschirmpräsentation	46
4.3	Technische Aspekte und Daten	48
5	Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten .....	52
5.1	Bestehende Funktionalitäten	52
5.2	Mögliche Erweiterungen	70
6	Vergleich und Synthese .....	72
6.1	Vorteile digitaler Luftfahrtkarten	72
6.2	Probleme bei der Nutzung digitaler Luftfahrtkarten	74
6.3	Tendenzen und Schlussfolgerungen	76
	Erklärung .....	79
	Quellen .....	80



## Abbildungen

Abb. 2-1	Beispiel eines NOTAM	7
Abb. 2-2	Beispiel einer Vorhersagekarte	8
Abb. 2-3	Auszug Flugdurchführungsplan	10
Abb. 3-1	Ausschnitt der VFR-Streckenkarte – Blatt München	15
Abb. 3-2	Verfahrensbeschreibung SID	18
Abb. 3-3	SID 08L	19
Abb. 3-4	Ausschnitt der IFR-Streckenkarte Deutschland – oberer Luftraum	21
Abb. 3-5	Signaturen für WP und ATS-Routes	22
Abb. 3-6	Plotting Chart	23
Abb. 3-7	STAR	25
Abb. 3-8	Verfahrensbeschreibung STAR	26
Abb. 3-9	RNAV-Transition 08L	28
Abb. 3-10	IAC 08L – AIP	29
Abb. 3-11	IAC 08L – Jeppesen Airway Manual	30
Abb. 3-12	IAC 08L – Lido RouteManual	31
Abb. 3-13	Rollkarte	33
Abb. 3-14	DGN-File als Konstruktion der Verfahrensgeometrie mit FPDAM	36
Abb. 3-15	Symbolisierung als Visualisierung des Datenbankinhaltes	37
Abb. 3-16	IACS-Datei	38
Abb. 3-17	IACS-Datei mit Basis-Datei verknüpft	39
Abb. 4-1	Beispiel-Applikation für EFB – Klasse 1	43
Abb. 4-2	Architektur eines integrierten Navigationssystems mit EFB	45
Abb. 4-3	Signaturen für NDB	47
Abb. 4-4	Überführung der aeronautischen Daten in die Luftfahrtkarte	50
Abb. 4-5	Auszug aus der XML-Steuerungsdatei – Flughafen München	51
Abb. 5-1	Setup-Page des Lido eRouteManual	53
Abb. 5-2	Route Entry-Page	54
Abb. 5-3	Bildschirmdarstellung der Rollkarte – APC	56

Abb. 5-4	Bildschirmdarstellung der Rollkarte – AGC	57
Abb. 5-5	SID-Index für Startbahn 08L mit Nordabflug	58
Abb. 5-6	Bildschirmdarstellung der SID	59
Abb. 5-7	Gestaltungsbeispiele für Untermenüs	60
Abb. 5-8	Enroute Chart – unterer Luftraum mit Zoom 1/5	63
Abb. 5-9	Enroute Chart – unterer Luftraum mit Zoom 3/5	64
Abb. 5-10	Enroute Chart – oberer Luftraum im Nachtmodus	65
Abb. 5-11	Bildschirmdarstellung der STAR	67
Abb. 5-12	Bildschirmdarstellung der IAC mit RNAV-Transition	68
Abb. 5-13	Bildschirmdarstellung der AGC/APC im Nachtmodus	69

## Tabellen

Tab. 6-1	Vergleich der Möglichkeiten analoger und digitaler Luftfahrtkarten	77
----------	--	----

## Abkürzungsverzeichnis

ACARS	Aircraft Communication, Addressing and Recording System
AD	Aerodrome
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – broadcast
AFC	Airport Facility Chart
AFGS	Auto-Flight and Guidance System
AGC	Airport Ground Chart
AIC	Aeronautical Information Circular
AIP	Aeronautical Information Publication
AIRAC	Aeronautical Information, Regulation and Control
AIS	Aeronautical Information Service
AMMD	Airport Moving Map Display
ANSP	Air Navigation Service Provider
AOI	Airport Operational Information
AOM	Aircraft Operating Manual
APC	Airport Parking Chart
APL	Approach Light System
ATC	Air Traffic Control
ATS	Air Traffic Services
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
B-RNAV	Basic RNAV
CAD	Computer Aided Design
CDR	Conditional Route
CPDLC	Controller/Pilot Datalink-Communication
CRAR	Country Rules and Regulations
CTA	Control Area
DA/DH	Decision Altitude/Height
DB	Datenbank
DC	directional current

DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DGM	digitales Geländemodell
DHM	digitales Höhenmodell
DME	Distance Measuring Equipment
DWD	Deutscher Wetterdienst
EAD	European AIS Database
EASA	European Aviation Safety Agency
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EFB	Electronic Flight Bag
ENR	enroute
FAA	Federal Aviation Administration
FAF	Final Approach Fix
FAWP	Final Approach Waypoint
FIR	Flight Information Region
FL	Flight Level
FMC	Flight Management Computer
FMS	Flight Management System
FPDAM	Flight Procedure Design and Airspace Management
GEN	General
GIS	Geoinformationssystem
GND	ground
GNSS/GPS	Global Navigation Satellite System/Global Positioning System
IAC	Instrument Approach Chart
IAF	Initial Approach Fix
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument Landing System
INS/IRS	Inertial Navigation System/Inertial Reference System

JAA	Joint Aviation Authority
Lido	Lufthansa Integrated Dispatch Operations (Tool)
MAPt	Missed Approach Fix
MCDU	Multi-Purpose Control and Display Unit
MDA	Minimum Descend Altitude
MEL	Minimum Equipment List
METAR	Meteorological Aerodrome Routine Report
MIN	Minima
MSA	Minimum Safe Altitude
ND	Navigation Display
NDB	Non Directional Beacon
NfL	Nachrichten für Luftfahrer
NM	nautische Meile
NOTAM	Notice to Airmen
NPA	Non Precision Approach
OFP	Operational Flight Plan
OM	Operations Manual
PA	Precision Approach
PEDs	controlled portable electronic devices
PFD	Primary Flight Display
PROC	Procedures
P-RNAV	Precision-RNAV
RFC	Route Facility Chart
RNAV	Area Navigation
RNP	Required Navigation Performance
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics

RTE	route
RVR	Runway Visual Range
RWY	runway
SAE	Society of Automotive Engineers
SARPs	Standards and Recommended Practices
SID	Standard Instrument Departure
SIDPT	Standard Departure Procedure Text
SIGMET	Significant Meteorological Report
SOP	Standard Operating Procedures
STAR	Standard Arrival Route
SUA	Special Used Airspace
SUP	Supplements
SVG	skalierbare Vektorgraphik
SWC	Significant Weather Chart
TAF	Terminal Area Forecast
TMA	Terminal Maneuvering Area
UHF	Ultra High Frequency
UIR	Upper Information Region
UTA	Upper Control Area
UTC	Universal Time Coordinated
VFR	Visual Flight Rules
VHF	Very High Frequency
VOR	Very High Frequency Omni Directional Range
WGS84	World Geodetic System 1984
WP/WPT	Waypoint
XML	Extendable Mark-up Language

# 1 Einleitung

Das klassische Medium zur Vermittlung der räumlichen, auf die Erdoberfläche einschließlich der Lufträume bezogenen Informationen für die Flugplanung, Sicht- und Funknavigation ist die Luftfahrtkarte als Produkt der thematischen Kartographie.

Luftfahrtkarten sind, so wie auch Seekarten, primär Navigationskarten. Die Kartennetzentwürfe sind konforme (winkeltreue) Abbildungen der Erdoberfläche als konische bzw. an den Polen azimutale Entwürfe [HAKE et al., 2002].

Bis in die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts gab es militärisch und zivil keine systematische Flugkartographie. Spezielle Anflugkarten wurden jedoch teilweise für geographisch problematische Flugplätze erstellt. Für den Streckenflug wurden kleinmaßstäbige Mercator- oder azimutale Kartenentwürfe verwendet. Streckenkarten zum Zweck der Funknavigation enthielten keine Orte und Ortsbezeichnungen, jedoch erfolgte die Angabe von Luftfahrthindernissen und deren Höhen. Positionen, die zur Streckenfindung entscheidend waren, wurden in Koordinaten geographischer Breite und Länge angegeben. Entsprechend der beabsichtigten Flugstrecke und den vorherrschenden Wetterbedingungen wählte der Bordfunker Bodenfunk- und Peilstellen, Funkfeuer sowie die zugehörigen Funkrufzeichen dieser Bodenstellen und die uhrzeitabhängigen Betriebsfrequenzen aus. Damit wurde die Positionsbestimmung und Kursfindung zum Ziel weitgehend unabhängig von Wetter und Tageszeit möglich [RICHTER, 2009].

Die bis zur Wiederaufnahme und Fortentwicklung des internationalen, zivilen Luftverkehrs nach dem Zweiten Weltkrieg gesammelten Erfahrungen bei der Gewinnung und Aufbereitung aeronautischer Daten und Informationen wurden, behördlich motiviert, in Regelwerken zusammengetragen und kontinuierlich erweitert. Sie bestehen jedoch im Wesentlichen aus Spezifikationen der Kartenhersteller. In der kartographischen Fachliteratur ist die Luftfahrtkarte – im Gegensatz zur Seekarte – kaum repräsentiert. Aus dieser Situation heraus wird der Bedarf erkennbar, die Visualisierung aber auch die Nutzung der komplexen Informationen in Luftfahrtkarten systematisch zu betrachten.

Abgegrenzt werden müssen die international standardisierten zivilen Luftfahrtkarten von den militärischen (zum Teil Spezial-) Kartenwerken. Mit Rücksicht auf den vorgegebenen Umfang behandelt diese Arbeit ausschließlich Luftfahrtkarten, die in der gewerblichen Zivilluftfahrt Anwendung finden.

Kapitel 2 – Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung – hat eine Überblicksfunktion. Hier werden zunächst die vielfältigen und komplexen Informationen benannt, die jeweils in kurzer Zeit vom Piloten erfasst und ausgewertet werden müssen; Art und Umfang der relevanten Informationen sollen gezeigt werden.

Kapitel 3 – Luftfahrtkarten – bildet den ersten Schwerpunkt der Arbeit. Ausgehend von den Anforderungen erfolgt hier eine detaillierte Beschreibung der Arten und der Gestaltung analoger (Papier-) Karten. Neben der betrieblichen Nutzung werden die Datengewinnung und der Herstellungsprozess beschrieben.

Kapitel 4 – Integration digitaler Luftfahrtkarten – behandelt die Anforderungen, die sich beim Übergang zur digitalen Bildschirmkarte ergeben, unter Berücksichtigung flugbetrieblicher/luftfahrtspezifischer Gegebenheiten sowie technischer Aspekte.

Kapitel 5 – Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten – als zweiter Schwerpunkt der Arbeit, konkretisiert die gegenwärtig verfügbaren Arbeitsmöglichkeiten mit dem neuen Informationsmedium.

Kapitel 6 – Vergleich und Synthese – schlussfolgert aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel, bei Berücksichtigung von Chancen und Risiken, wie raumbezogene Informationen tendenziell bei adäquater kartographischer Güte zukünftig im Cockpit präsentiert werden könnten.

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, bezüglich der Gestaltung und Nutzung von Luftfahrtkarten die Fragen zu beantworten: Was ist gleich geblieben, was fällt weg, was kommt durch moderne Technologien hinzu? Welche Rolle spielt die kartographische Komponente im Gesamtprozess der Luftfahrzeugführung, welche Rolle wird sie zukünftig spielen? These: Es ist zu erwarten, dass die traditionell durch Luftfahrtkarten gelieferten Informationen zukünftig Teilkomponente eines integrierten Informationssystems im Cockpit bilden werden.



## 2 Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung

Während der Vorbereitung eines Fluges sind durch den Piloten neben den Informationen zu Navigation und Flugsicherung sowie Änderungen zu diesen, außerdem das Flugwetter, die Flugplanung und der technische Status des Luftfahrzeuges zu berücksichtigen.

### 2.1 Handbücher

Neben dem *Luftfahrthandbuch*, als offizielle Quelle für Informationen bezüglich Navigation und Flugsicherung eines jeden Staates, werden in diesem Abschnitt beispielhaft für die weltweit große Zahl von Herstellern und navigatorischen Informationsmedien das *Jeppesen Airway Manual* und das *Lido RouteManual* behandelt. Aus dem Luftfahrthandbuch abgeleitet, jedoch mit eigenem Symbol-, Farb- und Gestaltungsschlüssel, finden diese im praktischen Flugbetrieb Verwendung.

#### 2.1.1 Luftfahrthandbuch

Das Luftfahrthandbuch (Aeronautical Information Publication – AIP) wird für Deutschland durch das Büro der Nachrichten für Luftfahrer mit Sitz in der Unternehmenszentrale der Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) in Langen veröffentlicht. Es besteht aus einem Band für Sichtflüge (Visual Flight Rules – VFR) und einem Band für Instrumentenflüge (Instrument Flight Rules – IFR).

Der Band VFR enthält Sichtflugkarten und Flugplatzkarten im DIN A5-Format sowie die Streckenkarte im Maßstab 1 : 1.000.000 für die Fluginformationsgebiete (Flight Information Regions – FIR) der BRD.

Der Band IFR setzt sich aus drei Teilen zusammen: Teil 1 – Allgemeines (General – GEN) und Ergänzungen (Supplements – SUP), Teil 2 – Enroute (ENR) mit der Streckenkarte im Maßstab 1 : 1.000.000 für die FIR der BRD und Teil 3 – Flugplätze (Aerodromes – AD).

## 2 Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung

---

Das Kartenwerk hat für jeden (A – Z) zum IFR-Flugbetrieb in Deutschland zugelassenen Flugplatz folgende Struktur und Kartentitel [DFS, 2011]:

- allgemeine Informationen
- Flugplatzkarte
- Flugplatzhinderniskarte (Aerodrome Obstacle Chart)
- Bodenprofilkarte für Präzisionsanflug (Precision Approach Terrain Chart)
- Minimum Radar-Vectoring Chart
- Standard Arrival Route (STAR) – textliche Verfahrensbeschreibung und Karte
- Transition to Final Approach
- Instrument Approach Chart (IAC) für Präzisions- und Nicht-Präzisionsanflüge
- Standard Instrument Departure (SID) – textliche Verfahrensbeschreibung und Karte
- Minimum Noise Routings
- Waypoint List

Alle Karten sind im DIN A4-Format. Die Struktur des AIP folgt international einheitlichen Standards, die für die Publikationen der luftfahrtbetreibenden Staaten verbindlich sind.

### 2.1.2 Jeppesen Airway Manual

Die Firma Jeppesen, 1934 gegründet mit Sitz in Denver, Colorado (USA) verfügt über ein weltweites Netz an Niederlassungen und beschäftigt über 3.000 Mitarbeiter. Jeppesen bedient Luftfahrtunternehmen mit Navigationsinformationen und Software für Flugplanung und Flugbetrieb. Das Regionalbüro für die östliche Hemisphäre befindet sich in Neu-Isenburg bei Frankfurt am Main. Im Jahre 2000 wurde Jeppesen durch Boeing übernommen [KUSE, 2009].

Das Jeppesen Airway Manual umfasst Luftfahrtkarten basierend auf einer Navigationsdatenbank für alle Teile der Erde, die aus den nationalen AIP abgeleitet wird.

Nach Prüfung und gegebenenfalls Korrektur der Daten entsteht das einheitliche Kartenformat, in dem stets derselbe Informationstyp an derselben Stelle der Karte präsentiert wird [KUSE, 2009].

Das Jeppesen Airway Manual ist wie folgt gegliedert [JEPPESEN, 2011]:

- Chart NOTAMS
- Introduction
- Enroute (low/high)
- Meteorology
- Air Traffic Control
- Airport Directory
- Emergency
- Terminal (A – Z)

Die ausführliche Beschreibung des Zeichenschlüssels und der Nutzung der Karten wird im Teil Introduction des Airway Manuals gegeben. Abbildung 3-11 auf Seite 30 ist ein Beispiel für eine Instrumenten-Anflugkarte von Jeppesen.

### 2.1.3 Lido RouteManual

Herausgeber des Lido RouteManual ist die Lufthansa Systems FlightNav AG mit Sitz in Zürich (Lido – Lufthansa Integrated Dispatch Operations (Tool)). Das RouteManual umfasst analoge und das eRouteManual digitale Luftfahrtkarten für die Nutzung z.B. in den Flugbetrieben der Konzerngesellschaften der Deutschen Lufthansa AG.

Die Grundlageninformationen werden aus den AIP der einzelnen Staaten übernommen. Informationen, die unmittelbar flugbetrieblich relevant sind, können dem Abschnitt Country Rules and Regulations (CRAR) oder Legends and Tables (LAT) des Teils General Information (GEN) entnommen werden. Hier werden auch umfangreiche Erläuterungen zu den Zeichenschlüsseln sowie zur Nutzung der Karten des Lido RouteManual gegeben.

Der Kartenteil selbst gliedert sich in die Kategorien [LIDO RM, 2011]:

- Airport Operational Information (AOI)
- Airport Facility Chart (AFC)
- Airport Ground Chart (AGC)
- Airport Parking Chart (APC)
- Standard Instrument Departure/Departure Chart (SID)
- Standard Departure Procedure Text (SIDPT)
- Standard Arrival Route/Arrival Chart (STAR)
- Instrument Approach Chart (IAC)
- Route Facility Chart (RFC)

Abbildung 3-12 auf Seite 31 ist Beispiel für eine Karte aus dem Lido Route-Manual. Die Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten in Kapitel 5 werden auf Grundlage des Lido eRouteManual behandelt.

### 2.2 Änderungsdienst

Des Weiteren werden behördliche Anordnungen für die Luftfahrt sowie wichtige Informationen – insbesondere Änderungen bestehender, im AIP und in den Luftfahrtkarten veröffentlichter Verfahren – für das Gebiet der BRD als Nachrichten für Luftfahrer (NfL) durch das Büro der Nachrichten für Luftfahrer veröffentlicht.

Daraus abgeleitete kurzfristige Änderungen und Änderungen, die einer zeitlichen Beschränkung unterliegen, werden als sogenannte Notice to Airmen (NOTAM) durch die NOTAM-Zentrale der DFS verbreitet. Im Rahmen der Flugvorbereitung werden die für die geplante Flugstrecke relevanten NOTAM im sogenannten Briefing-Paket dem Piloten zur Verfügung gestellt.

Das Beispiel-NOTAM in Abbildung 2-1 für den Flughafen Hamburg betrifft die eingeschränkte Nutzbarkeit der in der AIP veröffentlichten Anflugverfahren.

Dec 02 2011 04:52	<b>NOTAM LH3166/02/HAM/GVA/</b>	Page 1
--- NOTAM produced at 02.12.2011/04:36 UTC ---		
LIDO-NOTAM-BULLETIN INCLUDES NOTAM, COMP NOTAM AND AIP-REGULATION VALID: 1112020615 - 1112021115 STD(EOBT)+TRIP+ALTN+3HRS DLH3166 /02DEC OFP-NR: 09 ROUTE: EDDH - LSGG ALTN: LFLI LIMF LSZH LFSB N0455F300 IDEKO3G IDEKO Y900 TIMEN/N0453F310 UL126 WRB UN850 NATOR UN869 LUTIX UN869 BENOT		
=====		
DEPARTURE AIRPORT - DETAILED INFO		
=====		
EDDH /HAM HAMBURG		
-----		
+++++ APPROACH PROCEDURE +++++		
1A4795/11 LNAV/VNAV RWY 05 SUSPENDED DUE TO PENETRATION OF VISUAL SEGMENT SURFACE (VSS). AIRAC AMDT 11 PAGE AD 2 EDDH 4-6-3 EFF 19 NOV 2009 REFERS .		
1A4329/11 USE OF SBAS- (EGNOS-) SIGNALS FOR APV-BARO VNAV OPERATIONS PROHIBITED UFN. USE OF LNAV/VNAV MINIMA WITH A CERTIFIED BARO-VNAV SYSTEM ACCORDING AMC 20-27 STILL PERMITTED. REF AD 2 EDDH 4-6-1 THRU 4-6-4 EFF 21 OCT 2010.		
1A4142/11 OCA (H) RAISED AS FOLLOWS: LOC RWY 33: ALL ACFT CATEGORIES 490 (460)FT DUE TO CRANE AT 533605N 0100147E, MAX ELEV 241FT/214FT AGL. MARKED AND LIGHTED.		
.....		

Abb. 2-1 Beispiel eines NOTAM

### 2.3 Wetterkarten und -meldungen

Synoptische Flugwetterdaten werden durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) bereitgestellt. Eine internationale Verbreitung finden diese durch das Büro der World Weather Watch in London. Relevant sind Wettermeldungen für die Ziel- und Ausweichflughäfen sowie das Streckenwetter als Bestandteil des Briefing-Pakets.

Die verschlüsselten Flugplatzwettermeldungen bestehen aus dem aktuellen Status (Meteorological Aerodrome Routine Report – METAR) und Vorhersagen (Terminal Area Forecast – TAF). METAR werden halbstündlich herausgegeben – volle Stunde + 20 Minuten und + 50 Minuten. TAF haben einen Gültigkeitszeitraum von drei, sechs und 18 Stunden. Sie umfassen neben Ausgabezeit und Gültigkeit die Sichtweiten, den Wind nach Richtung und Stärke, besondere Wettererscheinungen wie Gewitter, Sand- und Staubstürme, Windböen, Vereisung, Niederschläge oder Nebel, Wolken mit Bedeckungsgrad und Untergrenze, Temperatur und Luftdruck sowie den Oberflächenzustand von Rollwegen und Start- und Landebahn.



## 2 Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung

Die Beurteilung der Anfliegbarkeit eines Flughafens geschieht bezogen auf die in der flugbetrieblichen Dokumentation festgelegten Wetter-Mindestbedingungen.

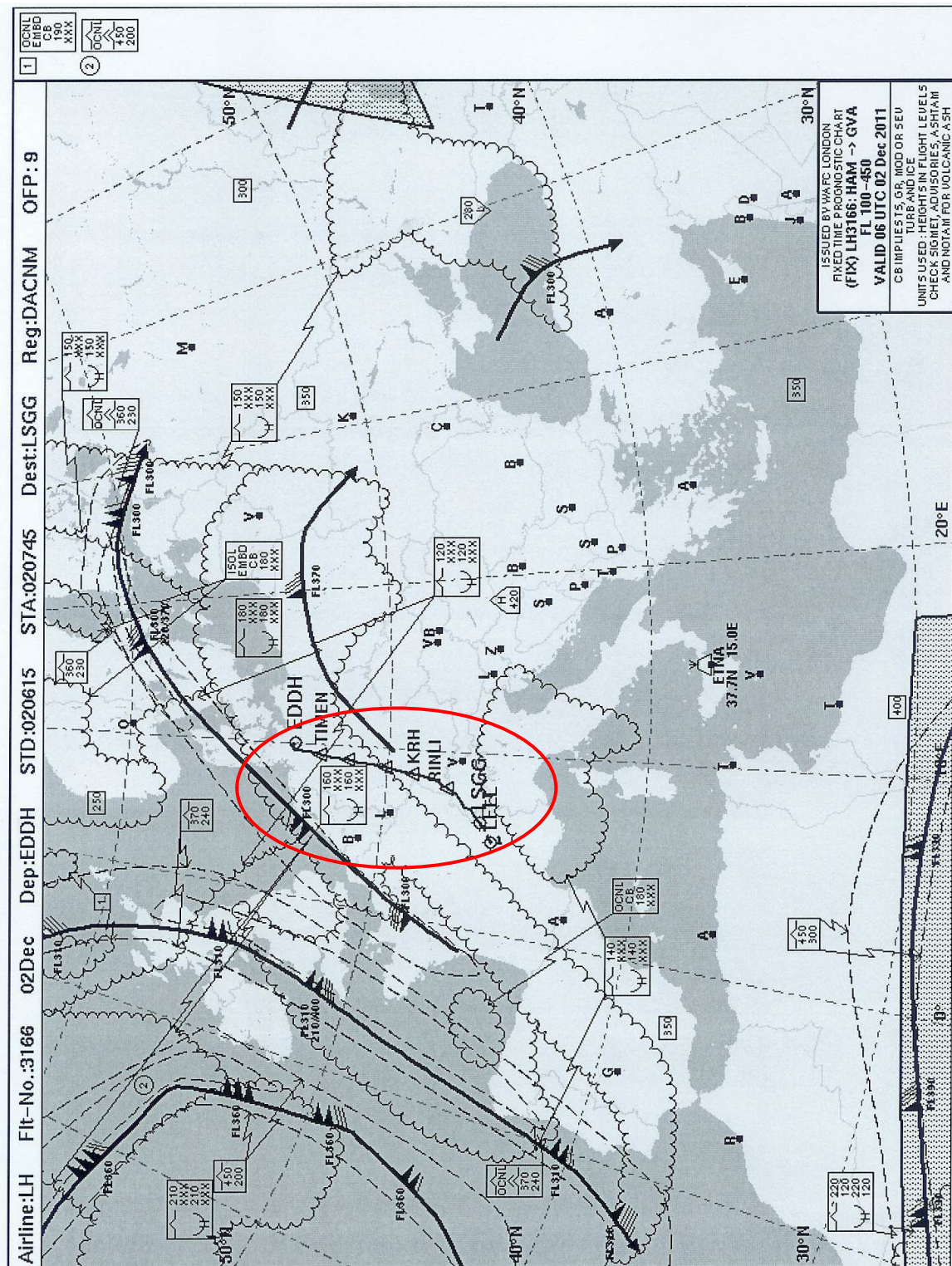


Abb. 2-2      Beispiel einer Vorhersagekarte

Informationen zu den Wetterbedingungen auf der geplanten Flugstrecke werden in Wind- und Isobarenkarten, der Significant Weather Chart (SWC) und Meldungen im Klartext über signifikante Wetterphänomene (SIGMET) präsentiert. Die in den Wetterkarten dargestellte (vorhergesagte) Situation gilt für den angegebenen Zeitpunkt; daher werden solche Karten auch als *fixed time prognostic chart* bezeichnet. Die Vorhersagekarte in Abbildung 2-2 bezieht sich auf den Zeitpunkt 06.00 Uhr (UTC) am 02. Dezember. In Verbindung mit den Wind- und Isobarenkarten ermöglicht sie die Interpretation der Großwetterlage – insbesondere können Frontensysteme mit Turbulenz- und Vereisungszonen, Gewitteraktivität oder Vulkanaschewolken in der Planung berücksichtigt werden; gegebenenfalls wird die Streckenführung modifiziert.

Einzelheiten zur Entschlüsselung von Wettermeldungen und der Interpretation von Wetterkarten entnehme man den Lehrbüchern zur Flugwetterkunde.

### **2.4 Flugleistungsdaten und Flugdurchführungsplan**

Die in der AIP vorgegebenen Standardstreckenführungen sind die Basis für die navigatorische Flugplanung. Entsprechend ergeben sich die einzelnen Segmente/ Teilstrecken, die sich durch Richtung und Streckenlänge voneinander unterscheiden. Auf diese werden die Flugleistungsdaten des Luftfahrzeuges angewendet, die in den Tabellen und Graphen des Flughandbuchs (Aircraft Operating Manual – AOM) flugphasenabhängig (Steig-, Reise- und Sinkflug) hinterlegt sind.

Für jedes einzelne Segment werden die Flugzeit und der Brennstoffverbrauch berechnet – in Abhängigkeit von den atmosphärischen Bedingungen Richtung/Stärke des Windes, Luftdruck und Temperatur in der geplanten Flughöhe sowie von der Luftfahrzeugmasse. Dies geschieht durch eine Planungssoftware, die im Ergebnis einen Flugdurchführungsplan (Operational Flight Plan – OFP) generiert – siehe Abbildung 2-3. Neben den detaillierten Daten für die Teilstrecken werden die Gesamtflugzeit und die erforderliche Brennstoffmenge durch Addition ermittelt. Der OFP ist Bestandteil des Briefing-Pakets und Hauptarbeitsbehelf.

Auf der Basis des Ladeplans, in den die Brennstoffmenge eingeht, werden Luftfahrzeugmasse, Geschwindigkeiten und Schub für Start und Landung berechnet.

## 2 Informationsquellen für Flugvorbereitung/-durchführung

Dec 02 2011 04:52

OFP LH3166/02/HAM/GVA/

Page 1

--- OFP produced at 02.12.2011/04:52 UTC ---

OFP	LH3166/02	02DEC	EDDH/ HAM	LSGG/ GVA	ELEVATION	1365
9	DACNM (100.0)		0615/0624	0748/0745	FMS	
		EST	.... / ....	.... / ....	COST INDEX	
		CTOT	....	TAXI IN 3	ROUTE	MFT/R
ATS C/S	DLH4EJ	ACT	.... / ....	.... / ....	TTL DIST	501
					SPEED	320-780
	LOAD	ZFW	ADDFU	LW	TOW	AVGE FF
EST	2736	25327	OL	MAL	34065	37995
PLN	2736	25327	OL	PLN	26723	29153
					AVGE WC	M051
					FMS WIND	229/066
ACT	.....	.....	.....	.....	TKOF ALTN	.....

FLIGHT PLAN ROUTE

-EDDH/33 F300 IDEKO3G IDEKO Y900 TIMEN/F310 UL126 WRB UN850 NATOR  
UN869 LUTIX UN869 BENOT LSGG/23

CLEARANCES

RVSM ALT CHK

TIME	POSITION	TRK	DIST	LVL	TP	T	W/V	TAS	G/S	PRC	REFU
TTL	ETO ATO		RDST								PLN
PTO	MSEA										ACT
....	EDDH/33				35	M02	24/060			....	....
11	2.0		58								
0011	IDEKO		0443		35	P00	24/060				3.1
....	....									....	....
3	2.0		16	CLB						320	
0014	T O C		0427	300	36	M02	23/091			770	3.0
....	....									....	....
1	2.0		6	CLB	36	-48	23/098	455	377		2.9
0015	TIMEN	T189	0421	CLB							
....	....									....	....
10	3.6		68	310				453	382		
0025	WRB		0353		37	-50	23/091				2.6
....	....	188								....	....
3	3.8		19					453	387		
0028	RANAX		0335		38	-51	23/083				2.5
....	....	188								....	....
20	4.0		134					453	396		
0048	KRH		0201		38	-50	23/073				2.0
....	....	188								....	....
8	5.4		50					455	402		

Abb. 2-3 Auszug Flugdurchführungsplan

### 2.5 Flugbetriebliche Dokumentation und Mindestausrüstungslisten

Die flugbetriebliche Dokumentation ist zulassungspflichtig; sie umfasst das Flugbetriebshandbuch (Operations Manual A – OM – A), die standardisierten Betriebsverfahren (Standard Operating Procedures – SOP bzw. OM – B) sowie die Mindestausrüstungsliste (Minimum Equipment List – MEL). Auf Grundlage der gesetzlichen Forderungen und der Herstellervorgaben werden hier die genauen Bedingungen definiert, unter denen das Luftfahrzeug zu betreiben ist.



### **3      Luftfahrtkarten**

In der Luftfahrt unterscheidet man Sichtflug – VFR und Instrumentenflug – IFR. Für Sichtflüge gelten international einheitlich festgelegte meteorologische Mindestwerte (Sicht und Wolkenabstand) für die Navigation und zur Vermeidung von Kollisionen mit anderen Luftfahrzeugen sowie Objekten auf der Erdoberfläche. Bei Instrumentenflügen geschehen die Positions- und Kursbestimmung sowie die räumliche Orientierung des Luftfahrzeuges ausschließlich nach Instrumenten im Cockpit. Damit ist eine Außensicht, abgesehen von Start und Landung, für die Navigation nicht erforderlich, woraus sich die weitgehende Unabhängigkeit von Wetter- und Tageslichtbedingungen ergibt. Bei IFR ist die Staffellung der Luftfahrzeuge Aufgabe der Flugsicherung (Air Traffic Control – ATC).

Die Erarbeitung und Weiterentwicklung einheitlicher Regelungen für die Sicherheit, Regelmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit des internationalen Luftverkehrs obliegt der Weltorganisation der zivilen Luftfahrt (International Civil Aviation Organization – ICAO) als thematische Fachorganisation der Vereinten Nationen (Sitz in Montreal). Sie wurde 1944 in Chicago mit dem Internationalen Zivilluftfahrtabkommen gegründet. Das Abkommen umfasst 18 Anhänge (Annexes), die jeweils Richtlinien und Empfehlungen (Standards and Recommended Practices – SARPs) für die momentan über 180 Vertragsstaaten der ICAO formulieren.

In der englischen Terminologie werden die Begriffe *maps* und *charts* verwendet. Maps meint Landkarten im Sinne topographischer Karten; charts ist für Navigationskarten üblich, d.h. für See- und Luftfahrtkarten.

#### **3.1      Standardisierung und Einteilung**

Eine systematische Flugkartographie für Zwecke der Planung, Flugsicherung und Navigation nach international einheitlichen Standards wurde durch die ICAO mit dem Annex J – Aeronautical Maps and Charts von 1944 begründet.

Aus diesem ging 1948 Annex 4 – Aeronautical Charts hervor. Er definiert Typen, Inhalt und Format, Kennzeichnung sowie den Farb- und Zeichenschlüssel für Luftfahrtkarten. Als SARPs ist dieser für die ICAO-Mitgliedsstaaten verbindlich, um weltweit Einheitlichkeit und Konsistenz bei der Darstellung navigatorischer Informationen sicherzustellen. Die erste Fassung des Annex 4 spezifizierte sieben Kartentypen. Gegenwärtig gilt die 55. Fassung; sie unterscheidet 21 Kartentypen, was den Fortschritt in der Flugnavigation und kartographischen Technologie reflektiert. Der Kartenaufdruck „ICAO“ zeigt an, dass der Hersteller sowohl dem Annex 4, als auch den Sonderregelungen für den spezifischen Kartentyp entspricht [ICAO, 2009].

Grundsätzlich kann man die Kategorien Übersichtskarten, Streckenkarten, Nahverkehrsbereichskarten für An- und Abflug, Flugplatzkarten und Flugplatzhinderniskarten unterscheiden. Im Detail definiert Annex 4 drei Serien von Karten für VFR [ICAO, 2009]:

- Aeronautical Navigation Chart – ICAO Small Scale für die Langstreckenflugplanung
- World Aeronautical Chart – ICAO 1 : 1.000.000 in der weltweiten Ausgabe als Grundlagenkarte für abgeleitete Luftfahrtkarten
- Aeronautical Chart – ICAO 1 : 500.000 als Standardstreckenkarte

Für IFR werden durch Annex 4 folgende Karten unterschieden [ICAO, 2009]:

- Enroute Chart – ICAO mit Luftstraßensystem und Navigationshilfen in unterschiedlichen Maßstäben
- Plotting Chart – ICAO für ausgedehnte ozeanische und entlegene Gebiete mit wenig komplexer Information und der Möglichkeit, die Luftfahrzeugposition sowie den Flugweg einzutragen
- Area Chart – ICAO als Übergang von der Streckenkarte in die Anflugkarte und umgekehrt vom Start in die Streckenkarte
  - Standard Arrival Chart – Instrument (STAR) – ICAO
  - Standard Departure Chart – Instrument (SID) – ICAO
  - Radar Minimum Altitude Chart – ICAO

- Instrument Approach Chart – ICAO für den Endanflug mit der Verfahrensgeometrie in Draufsicht, Höhenprofil und Fehlanflugverfahren
- Visual Approach Chart – ICAO für Flugplätze mit kritischer Geländesituation
- Aerodrome/Heliport Chart – ICAO zur Orientierung bei der Bewegung auf den Vorfeldern und Rollwegen, und ergänzend für weitere Details
  - Aerodrome Ground Movement Chart – ICAO
  - Aircraft Parking/Docking Chart – ICAO
- Aerodrome Obstacle Chart – ICAO (Typ A, B, C) berücksichtigt die Hindernissituation im Radius von 45 km um den Flugplatzbezugspunkt als Grundlage für Flugleistungsberechnungen

Damit orientieren sich die Einteilung und Gestaltung der Luftfahrtkarten für Flüge nach VFR und insbesondere nach IFR an den Flugphasen: Rollen zur Startbahn, Start mit Abflug, Reiseflug, Anflug mit Landung und das Rollen zur Parkposition.

Seit dem 1. Januar 1998 ist das geodätische Referenzsystem World Geodetic System 1984 (WGS84) international für Koordinaten in Luftfahrtkarten und Navigationsdatenbanken verbindlich. Zu den Kennwerten von WGS84 – siehe [BAUER, 2003].

Der Kartennetzentwurf ist, außer für polare Regionen, die Lambert'sche winkeltreue Kegelprojektion. Parameterlinien sind geographische Breite und Länge, wobei die Bilder der Meridiane zu den Polen hin konvergieren. Bei diesem „echten“ Kartennetzentwurf schneiden sich die Bilder der Meridiane und Breitenparallele im rechten Winkel; Bezugsbreitenkreise werden jeweils im Kartenblatt angegeben.

#### **3.2 Anforderungen bei der Nutzung**

Die folgenden Betrachtungen ergeben sich aus Erfahrungen der flugbetrieblichen Praxis. Grundsätzlich dienen Luftfahrtkarten als Medium zur Vermittlung verschiedenartiger räumlicher – oft abstrakter Informationen. Topographie und Geländeoberfläche sind für die Beurteilung der Hindernissituation sowie zur Orientierung abzubilden.

Des Weiteren sind Luftraumstruktur als dreidimensionale Information, Navigationshilfen sowie Dienste und Kommunikationsfrequenzen der Flugsicherung von Interesse. In jedem Falle muss die schnelle, eindeutige und sichere Erfassbarkeit der Informationen in der Karte gewährleistet sein. Luftfahrtkarten für VFR haben jedoch andere Gestaltungsschwerpunkte als Karten für IFR; beide unterscheiden sich im Gebrauch. Während Sichtflugkarten noch starke Ähnlichkeit mit topographischen Karten aufweisen, sind Instrumentenflugkarten nicht mehr intuitiv interpretierbar.

Für alle Karten hat der Kartenindex eine wichtige Bedeutung. Mit seiner Hilfe soll die Karte schnell und eindeutig identifizierbar sein; sie muss sich der Flugphase zuordnen lassen. Des Weiteren muss der Grad der Aktualität bzw. der Revisionsstand der Grundlageninformation angegeben werden.

Hohe Anforderungen müssen an die Genauigkeit und Aktualität aller Höhenangaben gestellt werden, da auf diesen die Verfahrensplanung aufbaut und auf deren Basis Sicherheitsmindestwerte für Flughöhen festgelegt werden. Mindesthöhen müssen direkt ermittelt werden können – entweder durch diskrete Höhenangaben für einzelne Geländepunkte (z.B. höchstes Hindernis im Kartenblatt) oder durch farblich codierte (hypsometrische) Profildarstellungen. Höhenlinien sind zu vermeiden, da das Kartenbild stark belastet und die Lesbarkeit der Karte erschwert würde.

Die Farbgestaltung von Luftfahrtkarten wird im Wesentlichen durch unterschiedliche Lichtverhältnisse, die im Cockpit auftreten können, determiniert. Farbinformationen müssen sowohl in grellem Sonnenlicht mit Schlagschatten, Streulicht in Wolken aber auch bei Dunkelheit oder in künstlicher Cockpitbeleuchtung erhalten bleiben. Bei Lichtmangel müssen die Farben einen hinreichenden Kontrast als Grauwerte bieten – siehe auch [ICAO, 2009].

Diese Forderungen implizieren die Verwendung gesättigter Farben (keine Pastelltöne) mit Helligkeitsabstufungen, die ein kontrastreiches Kartenbild liefern. Vor dem Hintergrund der hohen Anzahl, in dicken Ordnern mitzuführender Karten empfiehlt sich die Verwendung dünnen Papiers. Farbdruck und dünnes Papier können jedoch problematisch werden, da sich beide tendenziell widersprechen. Eine Möglichkeit, die Feuchtigkeitsaufnahme und damit ein Quellen dünnen Papiers bei Mehrfarbdruck zu vermeiden, ist der sparsame Farbeinsatz (nur so viel Farbcodierung, wie nötig) und die Verwendung von Schwarz/Weiß-Graphik mit kontrastreichen Grauwerten.

So kann die Wahrscheinlichkeit von Farbfehlinterpretationen verringert werden, das Kartenbild wird entlastet, häufig genutzte Blätter verschleißen weniger.

#### 3.3 Luftfahrtkarten für Sichtflüge

Die Wiedergabe des topographischen Inhalts bei Luftfahrtkarten für den Sichtflug ist auf die schnelle Erfassbarkeit aus der Luft ausgerichtet (Vergleich Gelände – Karte). Sie besteht im Wesentlichen aus der Umrissdarstellung größerer Orte und von Verkehrswegen, Gewässern, Wald, Luftfahrthindernissen, Gelände mit Höhenkoten und Schummerung sowie Isogonen (Linien gleicher Ortsmissweisung). Hinzu kommen für die Navigation wichtige Objekte wie Flugplätze, Meldepunkte, Funkfeuer, Flugbeschränkungsgebiete, Luftraumstruktur, Flugsicherungsinformation farbcodiert und als Text.

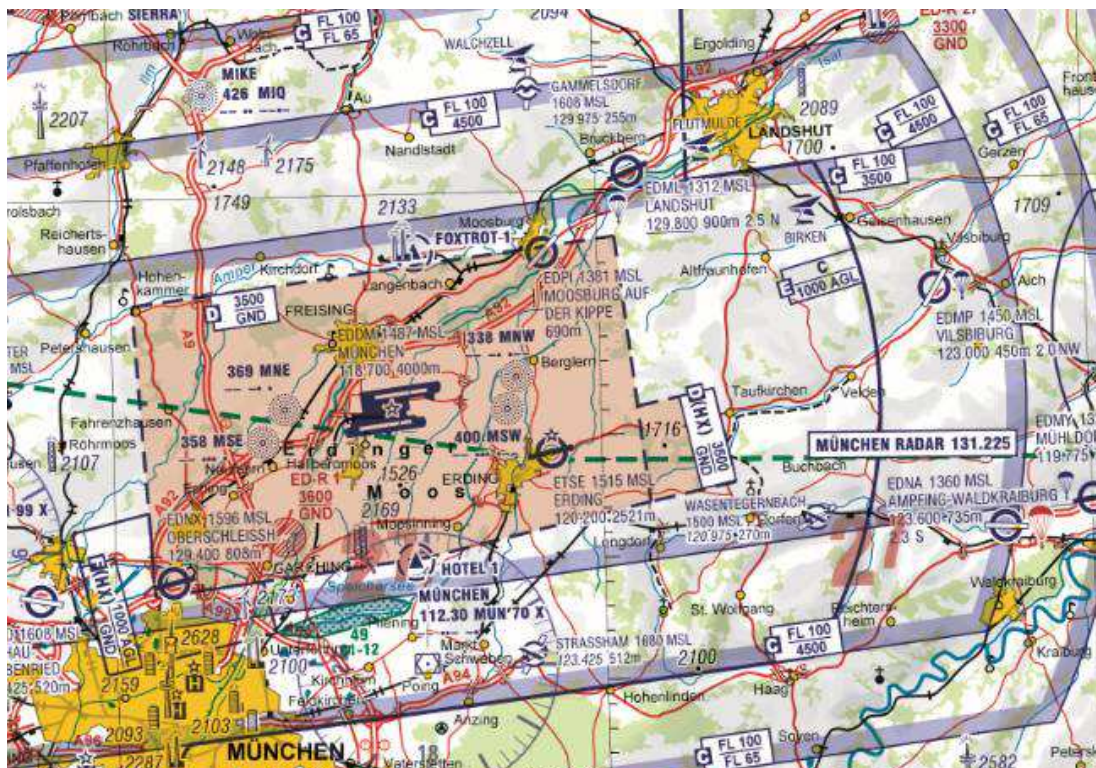


Abb. 3-1 Ausschnitt der VFR-Streckenkarte – Blatt München (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]

Teile der Flugplanung (z.B. Kurslinie, Zwischenzeiten) werden direkt in die Karte eingetragen. Die von der ICAO für den Streckenflug nach VFR standardisierte Karte ist die Aeronautical Chart – ICAO 1 : 500.000. Das Gebiet der BRD umfasst acht Kartenblätter; deren Ausgabezyklus beträgt ein Jahr.

Abbildung 3-1 gibt beispielhaft den Luftraum um den Flughafen München wieder; sie entspricht 85% der Ausschnitt-Originalgröße. Die 3D-Information zur Darstellung der Luftraumstruktur wird durch Farbcodierung und Beschriftung realisiert. In die dargestellten Lufträume C und D dürfen Sichtflieger nur mit vorheriger Freigabe durch ATC einfliegen. Der Luftraum C wird in seiner horizontalen Ausdehnung blau eingeraht gekennzeichnet. Seine Obergrenze wird mit FL 100 angegeben (entspricht 10.000 Fuss, mit 3 Fuss ~ 1m). Als Untergrenzen gelten 3.500 (Fuss), 4.500 (Fuss) und FL 65. Dies bedeutet, dass Luftraum C vertikal eine gestufte Struktur hat. Der Luftraum D wird rosa dargestellt, dessen vertikale Ausdehnung geht vom Boden (ground – GND) bis in eine Höhe von 3.500 (Fuss). Damit geht Luftraum D vertikal nahtlos in C über. Eine weitere Besonderheit sind die Pflichtmeldepunkte HOTEL 1 und FOXTROT 1 zum Ein- und Ausflug für den Luftraum D. Auf der Rückseite des Kartenblattes werden die zahlreichen Signaturen erklärt.

Die Wiedergabe der Platzrunde (traffic pattern) als verbindliches Verfahren für Ab- und Anflug nach VFR erfolgt durch großmaßstäbige Karten (Visual Operation Charts).

Im Anflug auf bzw. Abflug von Verkehrsflughäfen geschieht der Übergang aus der Strecken- in die Anflugkarte und umgekehrt über Pflichtmeldepunkte, die in beiden Karten dargestellt werden. Der Orientierung auf Rollwegen und Vorfeldern dienen Rollkarten (Aerodrome charts), mit dem vergleichsweise größten Maßstab.

#### **3.4 Luftfahrtkarten für Instrumentenflüge**

Gestaltung, Konzeption und Inhalt der Luftfahrtkarten für Instrumentenflüge unterscheiden sich stark von den Sichtflugkarten. Die folgenden Kartentypen werden unterschieden und in diesem Abschnitt beschrieben:

- Abflugkarten

- Streckenkarten
- Anflugkarten – Nahverkehrsbereich
- Anflugkarten – Endanflug
- Rollkarten

Bei IFR-Flügen erfolgt die Positions- und Kursbestimmung traditionell durch Funknavigation. Dabei werden ungerichtete Funkfeuer (Non Directional Beacon – NDB), gerichtete Funkfeuer (Very High Frequency Omni Directional Range – VOR) und Funkentfernungsmesssysteme (Distance Measuring Equipment – DME) verwendet. Als kooperative Systeme umfassen sie Boden- und Bordanlage. Die Bodenanlagen sind in den Luftfahrtkarten verzeichnet (Signatur), so dass mit dem Bordempfänger, sofern in Nutzungsreichweite, Peilungen und Entfernungen ermittelt werden können. Aus Kurskreuzungen (intersections) werden Wegpunkte (waypoints – WP) gebildet; Streckenabschnitte des starren Luftstraßensystems (Air Traffic Services – ATS-Routes) können hier nur die direkte Verbindung zwischen zwei Funkfeuern sein.

Eine flexiblere wegpunktbasierte Navigation ist die Flächennavigation (Area Navigation – RNAV). Sie wurde durch leistungsfähige Bordrechner (Flight Management System – FMS), die redundante Positionsdaten des GPS/GNSS-Empfängers, der Trägheitsnavigationsanlage (Inertial Navigation System – INS/Inertial Reference System – IRS) und des DME als integriertes Navigationssystem auswerten, möglich – siehe auch Kapitel 4.

RNAV ist eine Navigationsmethode, die Luftfahrzeugen beliebige Flugwege ermöglicht. Sie basiert auf WP, deren Positionen als Koordinaten geographischer Breite/Länge, unabhängig von bodenseitigen Navigationshilfen gebildet werden. Die Benennung dieser WP und von ATS-Routes geschieht international einheitlich mit einer in den 1960er Jahren von ICAO und FAA angelegten Datenbank sogenannter *five-letter name-codes (5LNC)* analog den traditionellen WP-Bezeichnungen. Die Codes werden den Regionalbüros der ICAO-Regionen zugeteilt [RICHTER, 2009].

An diesen Gegebenheiten der wegpunktbasierten Navigation ergibt sich die Gestaltung von IFR-Luftfahrtkarten. Die im Folgenden verwendeten Karten aus dem Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP-IFR Teil 3 – Aerodromes) gelten für den Flughafen München (EDDM); die Abbildungen haben 82% der DIN A4-Originalgröße.

### 3 Luftfahrtkarten

#### 3.4.1 Abflugkarten

Der Abflug nach IFR erfolgt nach definierten Verfahren als Standard Instrument Departure (SID). SID stellen bei Berücksichtigung der Hindernissituation im Abflugsektor und mit dem Ziel, Fluglärmwirkung zu minimieren, den Übergang von der Startbahn in das Luftstraßensystem her. Die Bezeichnung der SID richtet sich nach dem Namen des WP, über den in das Luftstraßensystem eingeflogen wird, wobei die Ziffer die Nummer der Revision angibt und der Endbuchstabe die konkrete Startbahn kennzeichnet.

Im Folgenden soll die SID OBAXA 3Q beispielhaft betrachtet werden – siehe Abbildungen 3-2 und 3-3. OBAXA 3Q ist für die Startbahn 08L (die Linke der beiden Parallelbahnen mit Ausrichtung 080°) mit Abflug Richtung Süden vorgesehen, d.h. diese SID ist nur verfügbar bei Startrichtung Ost und Einflug in die Luftstraße über den WP OBAXA. Die Überprüfung der Gültigkeit und das schnelle Auffinden der zutreffenden SID aus der gegebenenfalls großen Anzahl der Abflugverfahren wird durch den Kartenindex – in beiden Abbildungen rechts oben rot markiert – erleichtert.

AIP GERMANY				
STANDARD DEPARTURE ROUTES – INSTRUMENT (SID)			AD 2 EDDM 5-7-3 Effective: 18 NOV 2010	
			MÜNCHEN (SOUTH) RWY 08L	
Designator	Route	After Take-Off		Remarks
		Climb to	Contact	
1	2	3	4	5
OBAXA 3Q	<b>OBAXA THREE QUEBEC</b> On RWY track to 1900, via LO MNW to 6.8 DME DMN or 4000, whichever is later, RT, on R040 MUN to MUN (Δ). During turn MAX IAS 230 kt. Cross 8.0 DME MUN at EI 70 or above. LT on R209 MUN to OBAXA (Δ). MAX IAS 250 kt until OBAXA. <b>GPS/FMS RNAV:</b> [A1900+] - DM071[A4000+; R] - DM074[K230-; R] - DM078[F070+] - MUN[L] - OBAXA[K250-].	FL 70	München Radar 127.950	1. Only available for non-jet ACFT. 2. PDG 6.5% (395 ft/NM) due to airspace structure. If unable to comply, advise ATC.
ROTAX 2Q	<b>ROTAX TWO QUEBEC</b> On RWY track to 1900, via LO MNW to 6.8 DME DMN or 4000, whichever is later, RT, on track 120° to DM093.			After 6.8 DME DMN RNAV equipment necessary.

Abb. 3-2      Verfahrensbeschreibung SID (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]



### 3 Luftfahrtkarten

AIP GERMANY

#### STANDARD DEPARTURE CHART - INSTRUMENT (SID)

TRANSITION  
ALTITUDE 5000  
VAR 2° E

ATIS	123.125	APRON	121.775 (W)	TOWER	120.500 (S)
DELIVERY	121.725		121.925	RADAR	127.950 (S)
APRON	121.700 (E)	GROUND	121.825 (S)		

AD 2 EDDM 5-7-7  
Effective: 17 NOV 2011

MÜNCHEN (SOUTH)  
RWY 08L

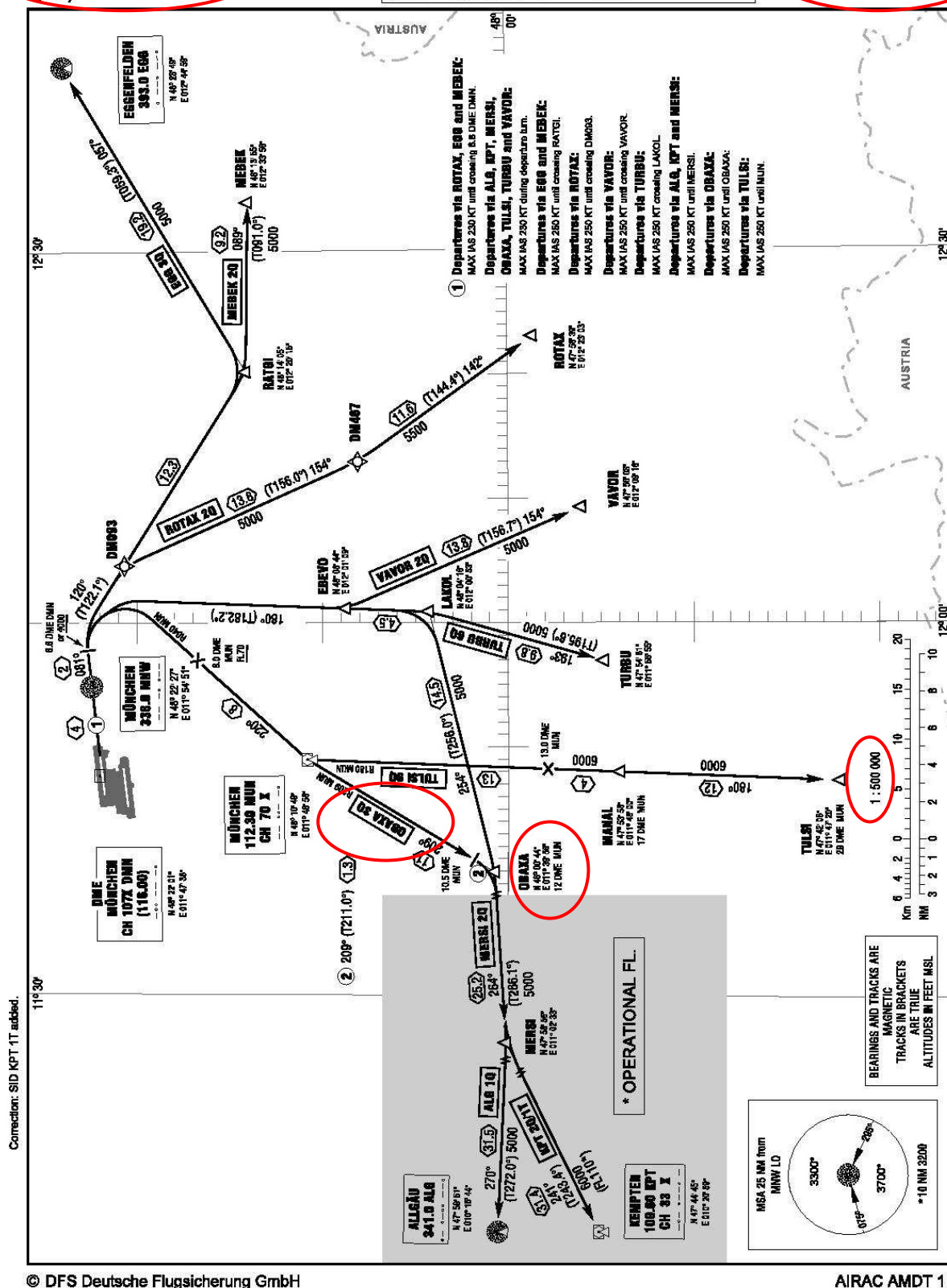


Abb. 3-3 SID 08L (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]

Die Nummerierung geschieht, ausgehend von der jeweils linken Start- und Landebahn bei Parallelbahnsystemen, beginnend mit dem kleinsten Wert der Gradzahl für die Ausrichtung der Bahn – z.B. 08L, 08R, 26L, 26R.

Der obere Teil der Verfahrensbeschreibung in Abbildung 3-2 (Spalte 2) gilt für die Anwendung konventioneller Funknavigation; der grün markierte Textteil beschreibt die SID als RNAV-Verfahren. Für RNAV wird die SID im FMS mittels sogenanntem database route identifier ausgewählt. Nach Überprüfung der korrekten WP-Abfolge kann die RNAV-SID im FMS aktiviert und bei Einhaltung der vorgegebenen Navigationsleistung (Required Navigation Performance – RNP) abgeflogen werden.

RNP ist Gütemaß und zugleich Kriterium, um bestimmte Lufträume oder Verfahren nutzen zu können. Sie wird durch einen Zahlenwert ausgedrückt, welcher der Kurshaltegenauigkeit entspricht. So bedeutet RNP1, dass die maximale seitliche Abweichung in 95% der Flugzeit 1,0 nautische Meilen (NM) nicht überschreiten darf. Eine andere Bezeichnung für RNP1 ist Precision-RNAV (P-RNAV), angewendet auf SID [RICHTER, 2009].

Gemäß Verfahrensbeschreibung ist die erste freigegebene Flughöhe FL 70. Nach dem Start ist, wenn von München Tower aufgefordert, der Wechsel zu München Radar auf die Frequenz 127,950 MHz vorzunehmen. Erst dann ist der Steigflug auf die neue freigegebene Flughöhe möglich.

Aus Abbildung 3-3 wird ersichtlich, dass sämtliche für eine Start- und Abflugrichtung veröffentlichten SID gemeinsam in einer Karte visualisiert werden können – OBAXA 3Q ist in der Karte markiert. Die Verfahrensgeometrie wird hier durch Kurse (dreistellig in Grad) und Entfernungen in NM (Zahlenwert in Sechseck) sowie Höhenbeschränkungen angegeben. Kommunikationsfrequenzen sind im oberen Mittelteil eingerahmt angegeben. Bei Erreichen von OBAXA wird in die Streckenkarte übergegangen.

#### 3.4.2 Streckenkarten

Die IFR-Streckenkarte (Enroute Chart) aus dem AIP Deutschland hat den Maßstab 1 : 1.000.000. Abbildung 3-4 entspricht 90% der Ausschnitt-Originalgröße.

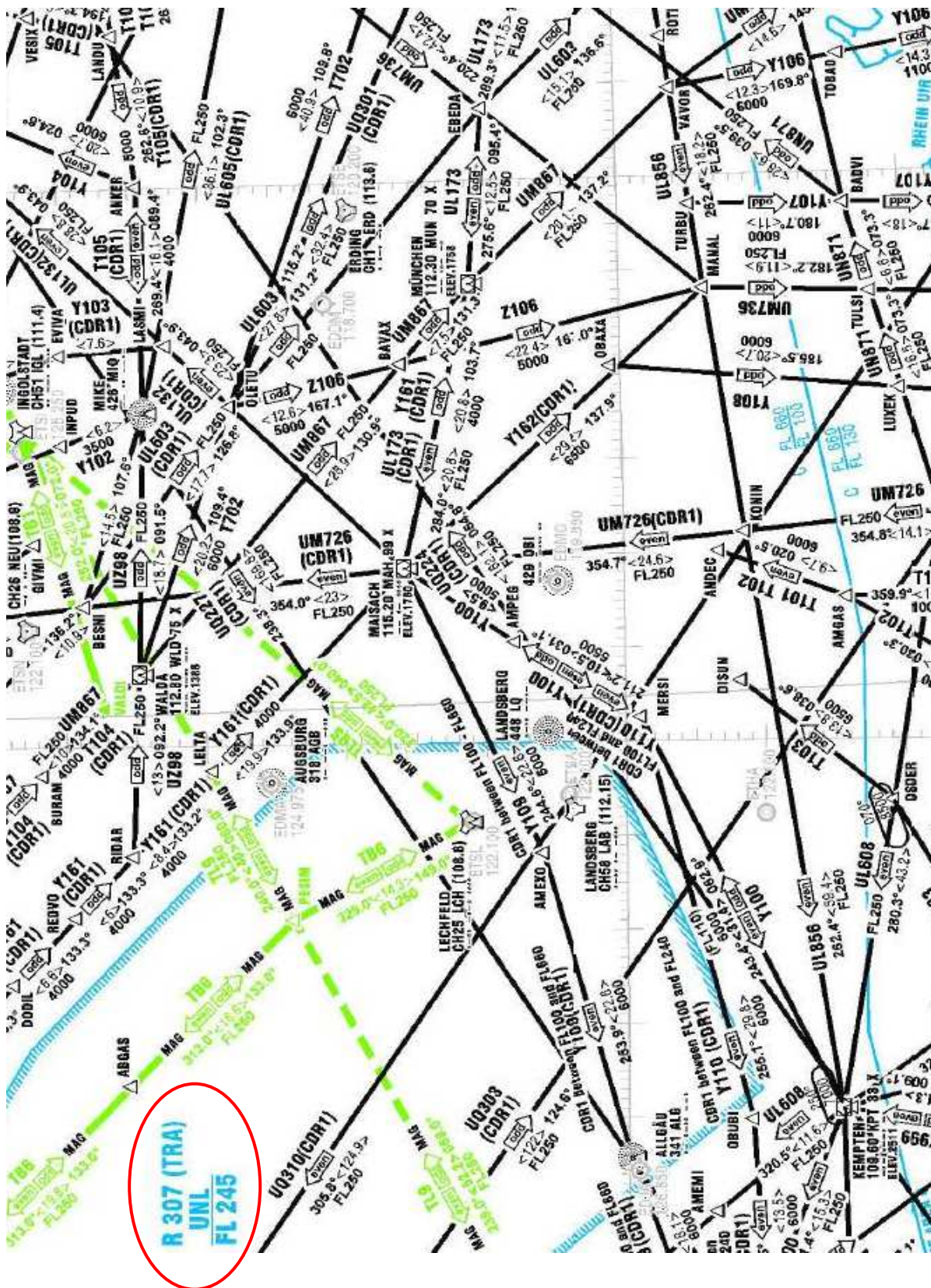


Abb. 3-4 Ausschnitt der IFR-Streckenkarte Deutschland – oberer Luftraum (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]



IFR-Streckenkarten werden für den unteren und für den oberen Luftraum veröffentlicht. Innerhalb Deutschlands liegt der untere Luftraum unterhalb von FL 245 – dies entspricht den Fluginformationsgebieten (Flight Information Regions – FIR). Der obere Luftraum beginnt in FL 245 – dies entspricht den oberen Fluginformationsgebieten (Upper Information Regions – UIR). Entsprechend ist die Aufteilung der Luftstraßen sowie der Flugsicherungssektoren in untere und obere Kontrollgebiete (Control Areas/Upper Control Areas – CTA/UTA).

Kartenobjekte sind Funkfeuer, WP und Luftstraßen als Verbindungslinien zwischen diesen mit den entsprechenden Benennungen. Für jeden Streckenabschnitt wird der missweisende Kurs in Grad und die Länge in NM angegeben. Die Benennung erfolgt durch eine Buchstaben-/Zahlenkombination z.B. UM726, wobei U für upper airway steht. Nicht permanente Luftstraßen, die nur unter bestimmten Bedingungen verfügbar sind, z.B. in vorübergehend nicht genutzten militärischen Lufträumen, werden als Conditional Route (CDR) bezeichnet – siehe Abbildung 3-5.

Eine Richtungsangabe mit odd/even bezieht sich auf die sogenannten Halbkreisflugregeln, d.h. für Flüge mit einem missweisenden Kurs von 000° bis 179° gilt ein ungerader FL, Flüge mit einem missweisenden Kurs von 180° bis 359° haben einen geraden FL einzunehmen. Dies dient der Staffelung der Luftfahrzeuge. Des Weiteren werden Luftraumstruktur und Flughäfen dargestellt. Beispiel für einen reservierten militärischen Luftraum ist die ED-R 307 – in Abbildung 3-4 rot markiert.

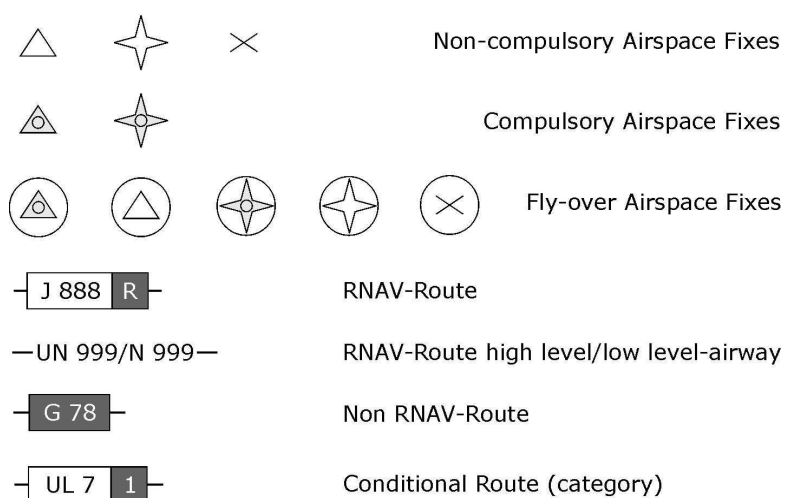


Abb. 3-5 Signaturen für WP und ATS-Routes [RICHTER, 2009]

### 3 Luftfahrtkarten

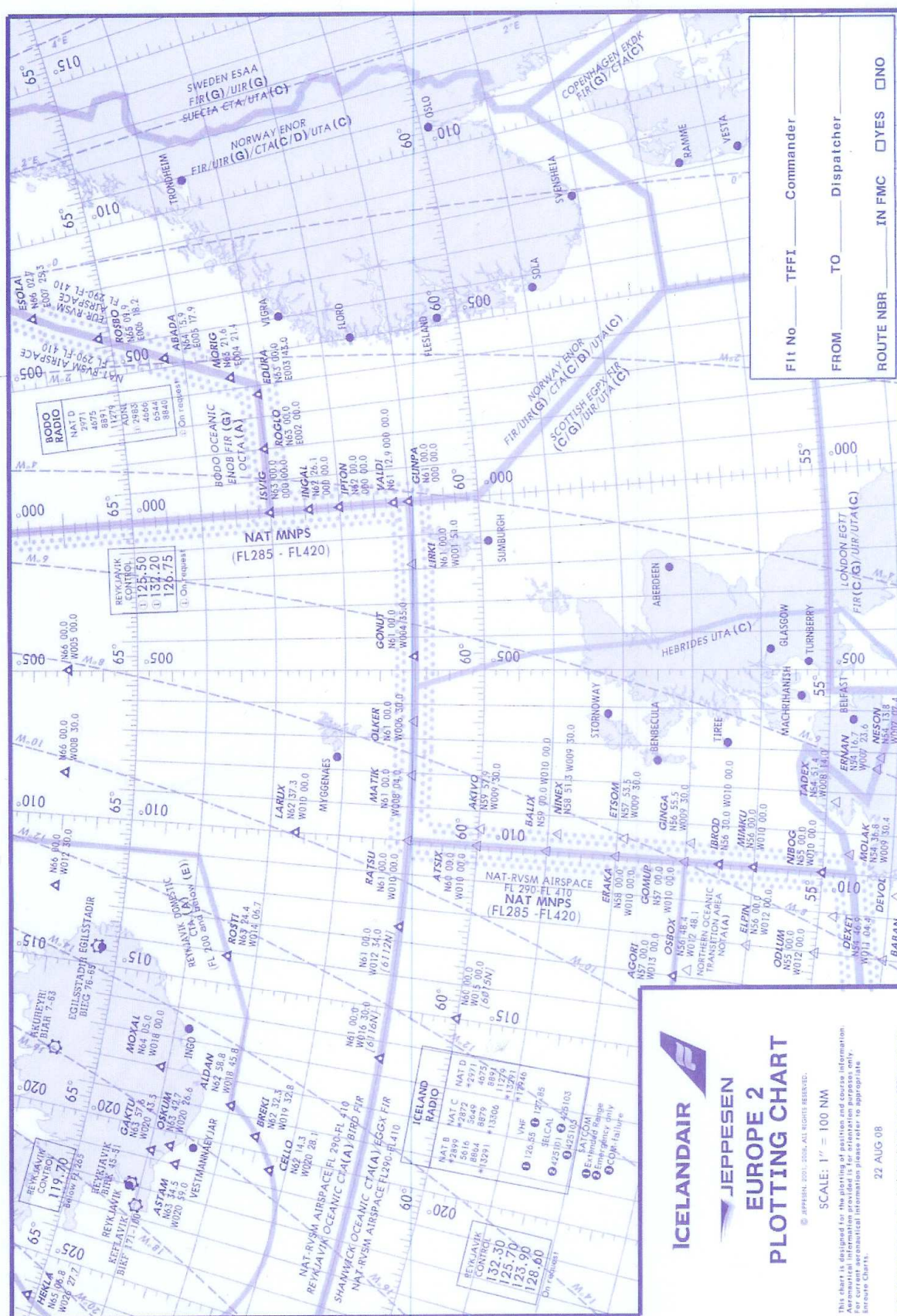


Abb. 3-6 Plotting Chart [ICELANDAIR]

Die geforderte Navigationsleistung ist RNP5, sie wird auch mit Basic-RNAV (B-RNAV) bezeichnet.

Streckenkarten des Jeppesen Airway Manual oder des Lido RouteManual (Route Facility Charts – RFC) haben einen verkehrsstromgerechten Blattschnitt, d.h. die Karten sind nicht nordorientiert. Dadurch kann ein häufiger Wechsel des Kartenblatts vermieden werden.

Abbildung 3-6 ist eine Plotting Chart für den Bereich des Nordatlantiks zwischen Norwegen und Island. Dargestellt ist im Wesentlichen die Struktur der Flugsicherungssektoren inklusive der Kommunikationsfrequenzen. Die Grenzen zwischen den Sektoren werden durch Verbindungslinien definierter WP gebildet. Über das Kartenblatt gleichmäßig verteilt sind Isogonen als gekrümmte, gerissene Linien. Sie geben die lokale Ortsmissweisung, d.h. den Richtungsunterschied bezüglich dem geographischen und dem magnetischen Pol an. In die Karte werden während des Fluges für Kontrollzwecke Positionen und Flugweg eingezeichnet. Dabei ist zu beachten, dass der Flugweg ein Großkreis-Bogenstück (Orthodrome) ist. Dessen Bild ist in der Lambert'schen winkeltreuen Kegelprojektion polwärts gekrümmt.

#### 3.4.3 Anflugkarten – Nahverkehrsbereich

Mit Verlassen des Luftstraßensystems erfolgt der Übergang in den Anflug zu einer Position, von der aus der Endanflug beginnen kann, auf der Standard Arrival Route (STAR). Somit meint STAR den Anflug im Nahverkehrsbereich (Terminal Maneuvering Area – TMA) des Zielflughafens. Eine STAR kann Verfahrenskurven und Warteverfahren umfassen. Sie endet am sogenannten Initial Approach Fix – IAF.

Die Benennung einer STAR erfolgt nach dem WP, auf dem das Luftstraßensystem verlassen wird. In Abbildung 3-7 ist das gewählte Beispiel die ABGAS 1A. Der WP ABGAS ist damit sowohl Element der Streckenkarte als auch der STAR. 1A gibt die Nummer der Revision des Verfahrens sowie die geographische Richtung an (Nord-West), aus der in die STAR eingeflogen wird. Die Verfahrensbeschreibung in Abbildung 3-8 gibt die genaue Abfolge der WP mit den zu geordneten Höhen wieder.

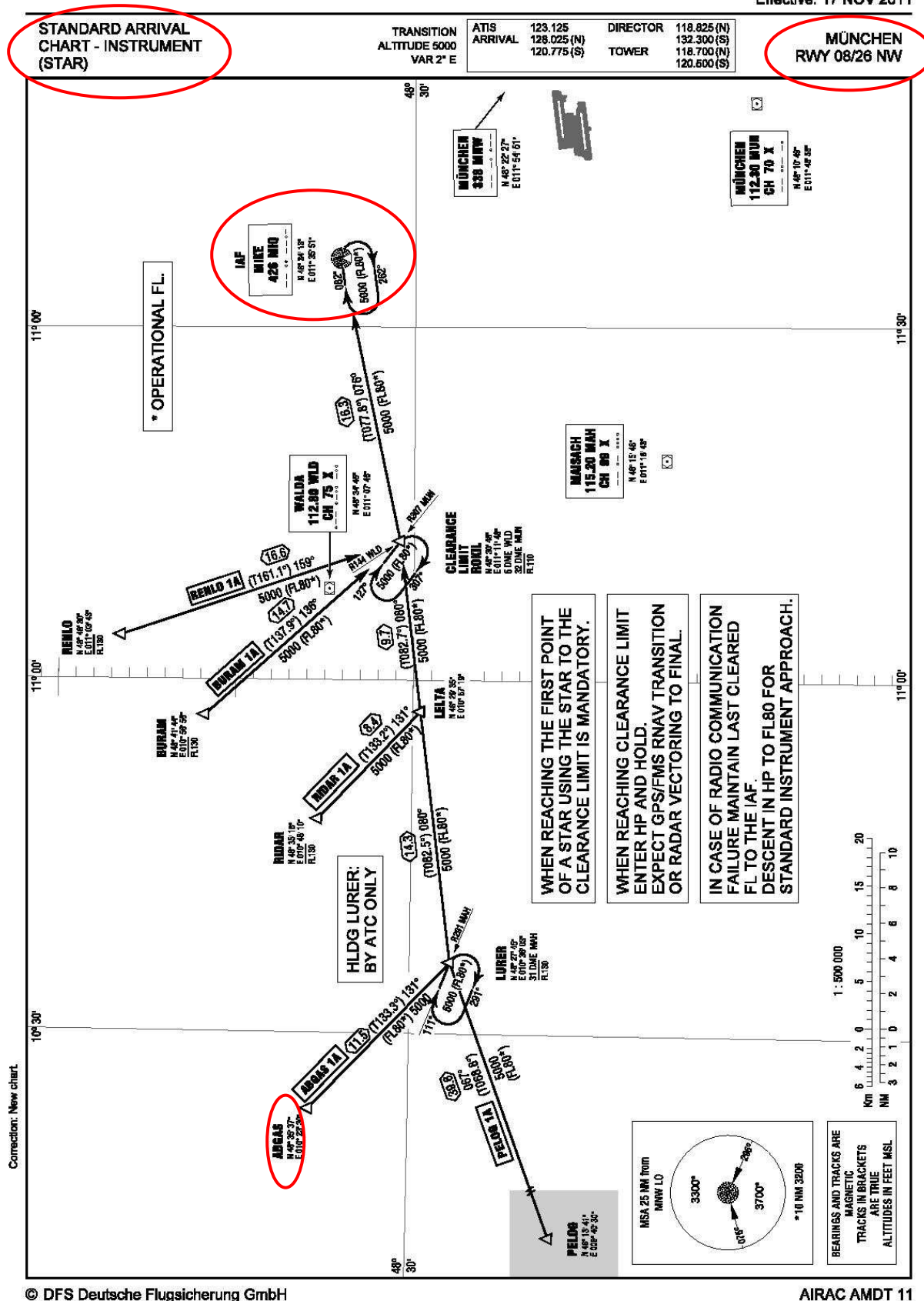


Abb. 3-7 STAR (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]



### 3 Luftfahrtkarten

LUFTFAHRTHANDBUCH DEUTSCHLAND  
AIP GERMANY

AD 2 EDDM 3-1-1  
Effective: 17 NOV 2011

#### STANDARD ARRIVAL ROUTES – INSTRUMENT (STAR)

MÜNCHEN  
RWY 08/26

Designator	Identification Significant Points	Mag (True) Track	Dist NM	MNM IFR Cruising Level	Remarks
1	2	3	4	5	6
ABGAS 1A	ABGAS ONE ALPHA				1. ROKIL is clearance limit. 2. BRNAV equipment necessary. 3. Cross LURER at or below FL 130 and ROKIL at or below FL 110. 4. Available a. daily 2230(2130) - 0700(0600), b. FRI 1600(1500) - MON 0700(0600), c. HOL.
	△ ABGAS	131 (133.3)	11.5	5000 (FL 80)	
	△ LURER	080 (082.5)	14.3	5000 (FL 80)	
	△ LELTA	080 (082.7)	9.7	5000 (FL 80)	
	△ ROKIL	076 (077.8)	16.3	5000 (FL 80)	
ARBAX 1A	ARBAX ONE ALPHA				1. LANDU is clearance limit. 2. BRNAV equipment necessary. 3. Cross OSTES at or below FL 110.
	△ ARBAX	203 (205.6)	6.8	7500 (FL 80)	
	△ USEMI				

Abb. 3-8 Verfahrensbeschreibung STAR (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]

Soll die STAR nach RNAV durchgeführt werden, wird diese zuvor im FMS nach Auswahl des Instrumentenanfluges für die vorgesehene Landebahn über den *database route identifier* selektiert. Nach Überprüfung der WP-Abfolge wird die STAR im Flugplan aktiviert. Als Navigationsleistung wird RNP1 bzw. P-RNAV gefordert. Der letzte WP von ABGAS 1A ist das Funkfeuer MIKE NDB. Es ist zugleich Freigabegrenze, d.h. darüber hinaus darf der Anflug nur mit entsprechender Freigabe fortgesetzt werden, andernfalls ist in das definierte Warteverfahren einzufliegen. MIKE NDB ist IAF; hier beginnt der *initial approach* (Anfangsanflug), der die Verbindung zum Endanflug herstellt.

#### 3.4.4 Anflugkarten

Mit dem Anfangsanflug, am IAF beginnend, soll die Verfahrensgeometrie einen stabilisierten Anflug auf die Anfluggrundlinie der Landebahn (runway – RWY) ermöglichen. Das Anschneiden der Anfluggrundlinie soll im Horizontalflug geschehen.



Die kritische Flugphase Endanflug beginnt mit dem Final Approach Fix bzw. Final Approach Waypoint (FAF/FAWP). Hier wird das Luftfahrzeug an den Boden heran geführt. Der Endanflug endet am Minimum bzw. Fehlanflugfix (Missed Approach Fix – MAPt), an dem im Falle eines Durchstartens der Fehlanflug beginnt. Der Fehlanflug hat eine definierte Geometrie, bestehend aus Warteverfahren und Verfahrenskurven; er führt das Luftfahrzeug zurück zum IAF. Eine Anflugkarte nach IFR (Instrument Approach Chart – IAC) visualisiert damit die drei Flugphasen Anfangsanflug, Endanflug und Fehlanflug. Die englische Terminologie bezeichnet diese Anflugphasen mit „Approach“, Anflüge im Nahverkehrsbereich eines Flughafens werden mit „Arrival“ begrifflich unterschieden.

Eine IAC gliedert sich grundsätzlich in vier Bereiche: Index, Verfahrensgeometrie in Draufsicht (Planview), Vertikalprofil mit DME-/Höhenkorrelation und Minima.

Der Index hat die wichtige Funktion, die Karte schnell zu finden sowie die Art des Anflugverfahrens und die betreffende Landebahn des Flughafens eindeutig zu identifizieren. In Abbildung 3-10 ist dieser links oben rot markiert.

Die Verfahrensgeometrie in Draufsicht gibt die Streckenführung aber auch die verwendeten Funkfeuer durch Signaturen mit den verwendeten Betriebsfrequenzen wieder. Des Weiteren werden relevante Luftfahrthindernisse einschließlich des höchsten Hindernisses in der Karte sowie Sicherheitsmindesthöhen (Minimum Safe Altitude – MSA) in Sektoren, bezogen auf ein Funkfeuer angegeben. Eine MSA gewährleistet im Umkreis von 25 NM einen vertikalen Hindernisabstand von 1.000 Fuss und garantiert Funkempfang – siehe Abbildung 3-10: MSA ist grün markiert. Besonderheiten werden in Textboxen formuliert. Oft – siehe Abbildung 3-9 – ist dem eigentlichen Instrumentenanflug eine sogenannte *RNAV-Transition* vorgeschaltet als Alternative zu einer STAR für Luftfahrzeuge mit FMS. Die Bezeichnung von Transitions erfolgt nach dem gleichen System wie bei STAR.

Bei der gewählten IAC ist das Anflugverfahren ein Instrumentenlandesystem (Instrument Landing System – ILS) für die Landebahn 08L. Dabei handelt es sich um das von der ICAO standardisierte Präzisionsanflugverfahren (Precision Approach – PA) mit Kurs- und Gleitwegführung auf der Basis von bodenseitigen Sendern im Frequenzbereich VHF/UHF und Antennen mit hoher Richtcharakteristik.

### 3 Luftfahrtkarten

AIP GERMANY

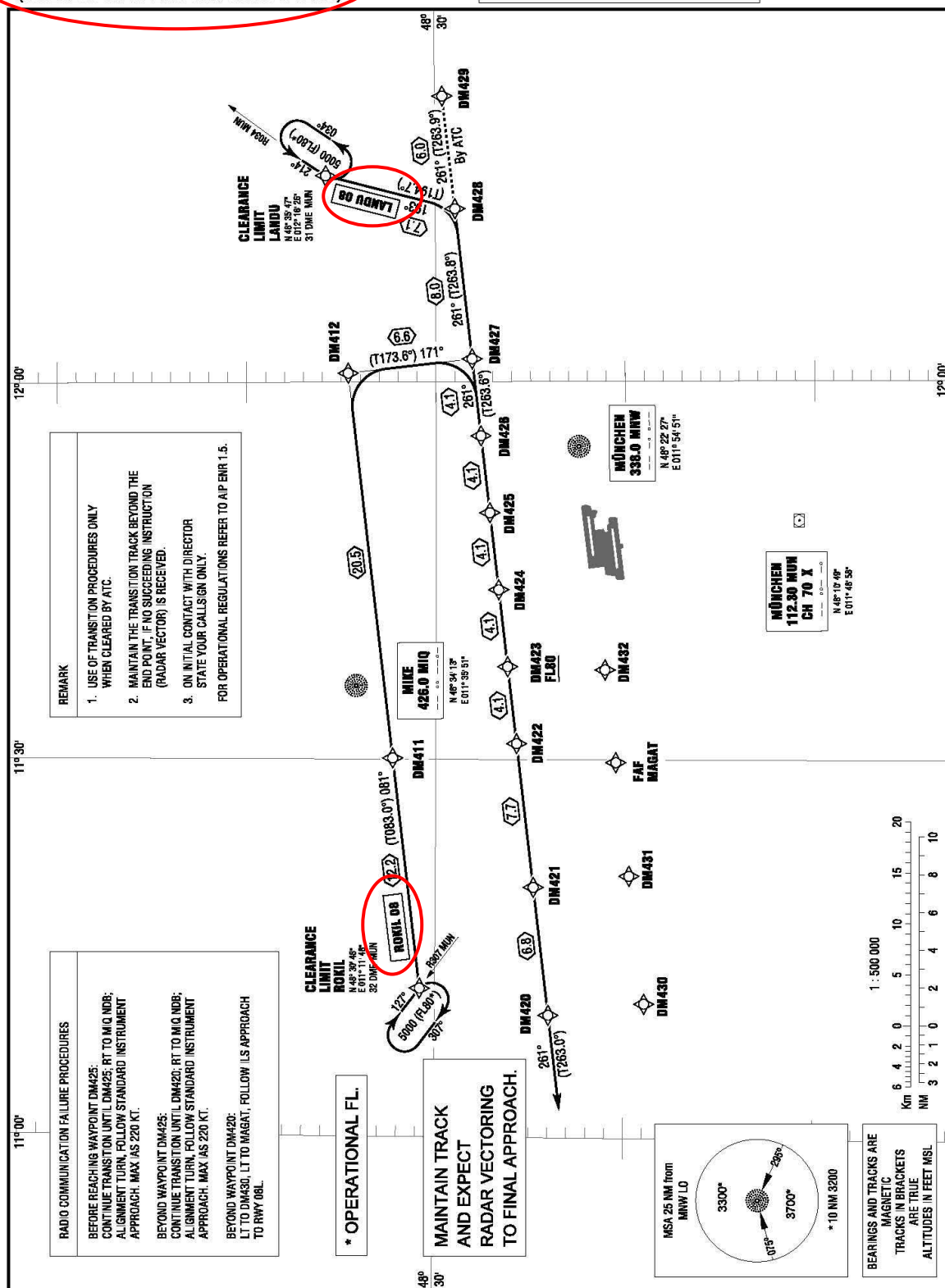
AD 2 EDDM 3-1-5  
Effective: 18 NOV 2010

#### GPS / FMS RNAV ARRIVAL CHART TRANSITION TO FINAL APPROACH (OVERLAY TO RADAR VECTOR PATTERN)

TRANSITION  
ALTITUDE 5000  
VAR 2° E

ATIS	123 125	DIRECTOR (N)	118 825
ARRIVAL (N)	128 025	TOWER (N)	118 700
RADAR (N)	123 900		

MÜNCHEN  
RWY 08L



© DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

AIRAC AMDT 10

Abb. 3-9 RNAV-Transition 08L (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]

### 3 Luftfahrtkarten

AD 2 EDDM 4-2-4  
Effective: 26 AUG 2010

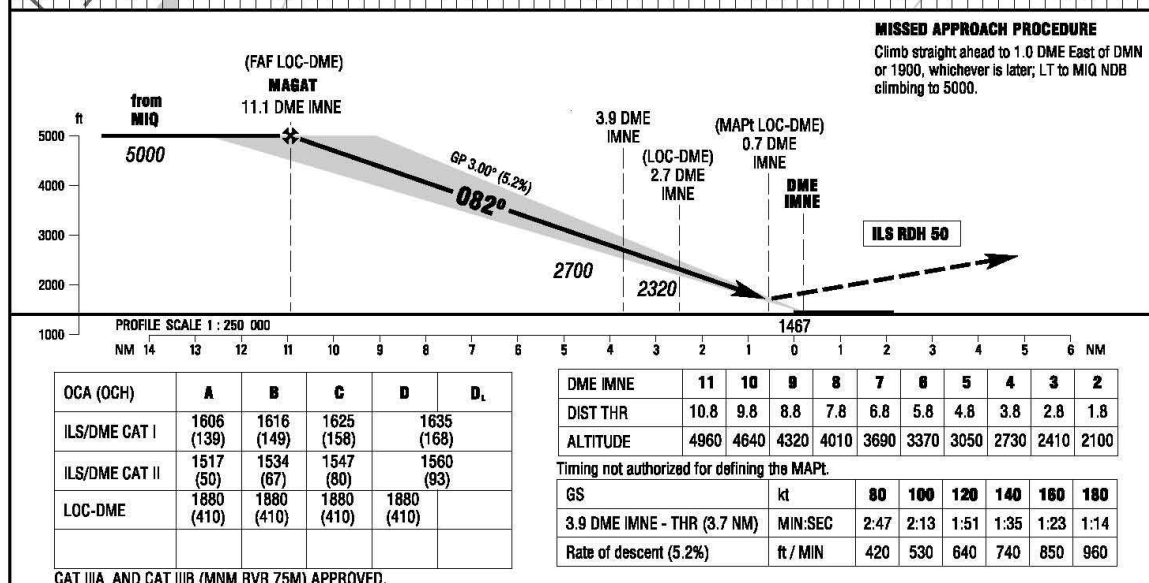
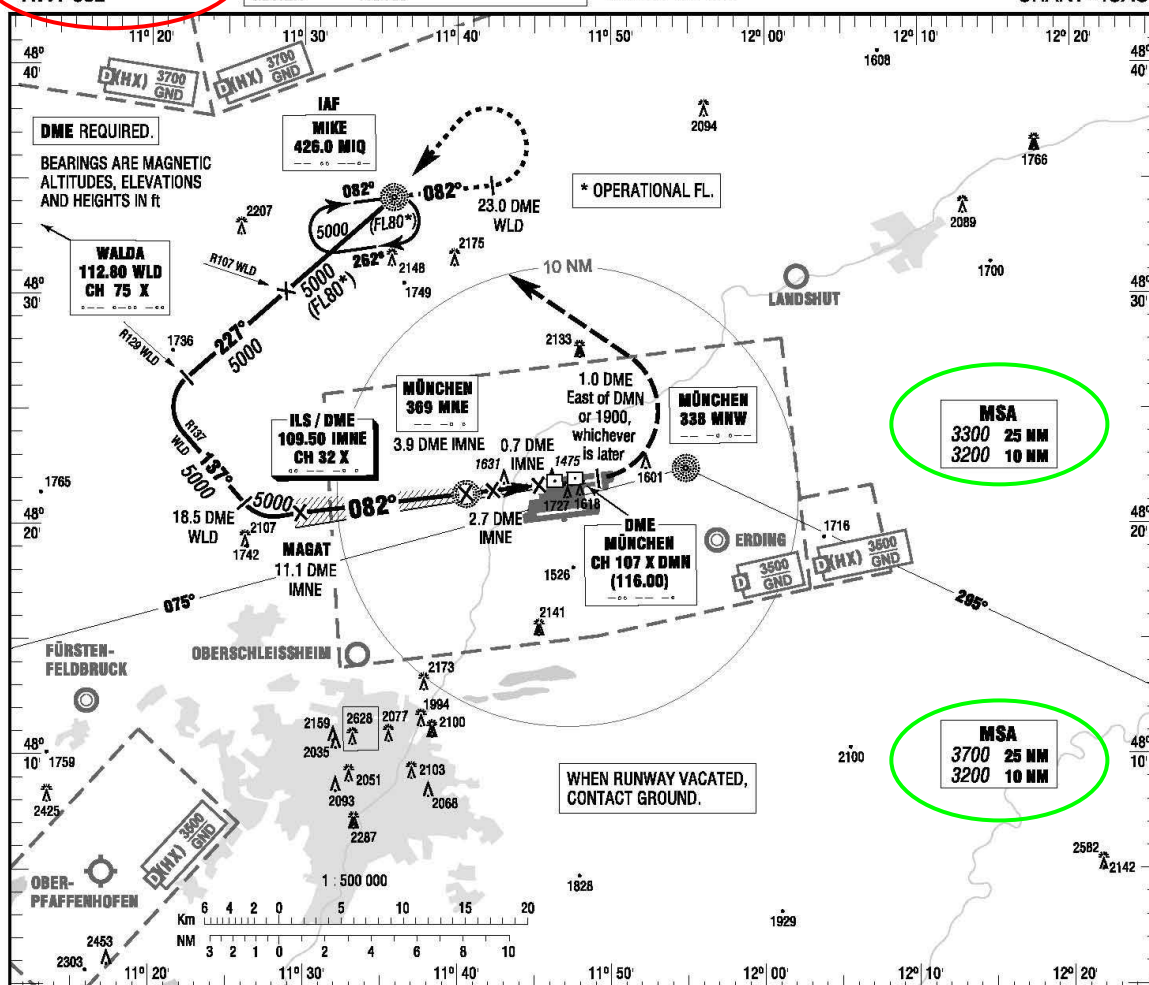
AIP GERMANY

**MÜNCHEN**  
ILS CAT II & III or LOC  
RWY 08L

ATIS	123 125	GROUND	121 975
RADAR	123 900	APRON (W)	121 775
DIRECTOR (N)	118 825	APRON (E)	121 700
TOWER	118 700		

ELEV 1467  
OCH RELATED TO  
THR 08L ELEV 1467  
VAR 2° E

INSTRUMENT  
APPROACH  
CHART - ICAO



AIRAC AMDT 7

© DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Abb. 3-10 IAC 08L – AIP (Mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Nicht für navigatorische Zwecke geeignet.) [DFS, 2011]

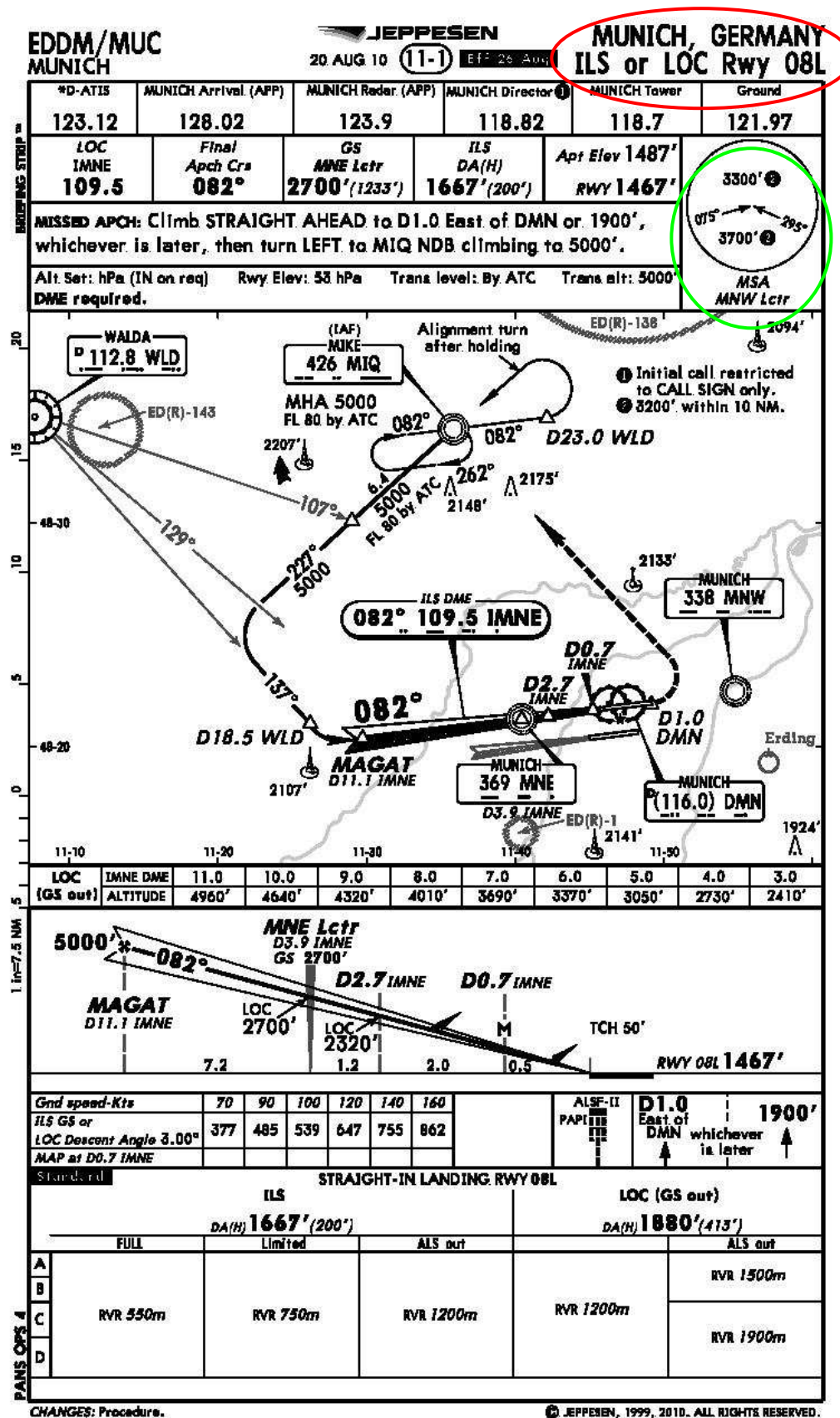


Abb. 3-11 IAC 08L – Jeppesen Airway Manual (Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson, Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE. Copyright Jeppesen Sanderson Inc.) [JEPPESEN, 2011]





- 31 -

Hingegen bietet ein Nichtpräzisionsanflug (Non Precision Approach – NPA) keine Gleitwegführung. Für ein- und dieselbe Landebahn können verschiedene PA und NPA veröffentlicht sein.

Das Vertikalprofil stellt im Wesentlichen die Ausgangshöhe des Anfluges sowie den Gleitweg, die Lage des Minimums und für NPA definierten Entfernungen zur Landebahnschwelle zugeordnete Höhenwerte tabellarisch dar. In der abgebildeten IAC beginnt der Endanflug am WP MAGAT, der missweisende Kurs der Anfluggrundlinie ist 082°, der Gleitweg beträgt 3°.

Die Beschreibung der Minima erfolgt in tabellarischer Form. Minima werden für PA als Entscheidungshöhen (Decision Altitude/Height – DA/DH) und Landebahnsichten (Runway Visual Range – RVR) angegeben. Für NPA werden Mindestsinkflughöhen (Minimum Descend Altitude – MDA) und Landebahnsichten definiert. Besteht bei Erreichen von DA/DH bzw. MDA keine Sicht zur Landebahn, ist der Anflug abbrechen, durchzustarten d.h. der Fehlanflug einzuleiten. Zur Definition der Betriebsstufen CAT I bis III und der Flugzeugkategorien A bis E – siehe [RICHTER, 2009].

In den Abbildungen 3-10, 3-11, 3-12 beachte man die unterschiedliche Kartengestaltung und den Einsatz von Farbe für denselben Instrumentenanflug und vergleiche mit Abbildung 3-1, die denselben geographischen Bereich wiedergibt. Insbesondere vergleiche man die Signaturen und die unterschiedliche Wiedergabe der MSA.

#### 3.4.5 Rollkarten

Die Orientierung auf Rollwegen und Vorfeldern geschieht mit Rollkarten (Aerodrome Layout/Aerodrome Ground Movement Chart). Je nach Komplexität des Flughafens gibt es eine Übersichtskarte – siehe Abbildung 3-13, und Nebenkarten, die Einzelbereiche in größerem Maßstab darstellen – siehe Abbildung 5-3 auf Seite 56. Dazu gehören Vorfelder, Parkpositionen und deren Koordinaten sowie Haltepositionen vor Kreuzungen von Rollwegen und vor Start- und Landebahnen. Ein weiteres wichtiges Kartenelement ist die tabellarische Wiedergabe der Funkfrequenzen für die Kommunikation mit den lokalen Flugsicherungsdiensten, da Bodenbewegungen nur nach Freigabe durch die Flugsicherung stattfinden dürfen.



Abbildung 3-13 hat etwa 30% der Kartenoriginalgröße im DIN A3-Format.

#### 3.5 Ausgangsdaten und Herstellungsprozess

Ausgangsdaten für Luftfahrtkarten und Navigationsdatenbanken sind Koordinaten, Geometriedaten und Sachdaten der Kartenobjekte. Koordinaten werden durch geodätische Vermessung oder Ableitung aus bestehendem Material gewonnen. Direkt vermessen werden die Schwellen von Start- und Landebahnen und neu geschaffene Funknavigationsanlagen. Die Vermessungen erfolgen in der BRD durch das zuständige Landesamt für Vermessung und Geoinformation, das anschließend die Ergebnisse in Papierform an die DFS weiterleitet, durch Drittfirmen im Auftrag der DFS oder durch Mitarbeiter der DFS selbst. Koordinaten neuer Wegpunkte (WP) werden von der Verfahrensplanung durch Auslesen mit der Software FPDAM (Flight Procedure Design and Airspace Management) generiert. Ebenfalls mit FPDAM erfolgt die Konstruktion der (3D-) Verfahrensgeometrie der Ab- und Anflüge – IFR sowie der Elemente der Streckenkarte – IFR. Europäische Grenzverläufe stellt das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) zur Verfügung [RICHTER, 2009].

Weitere Datenquellen sind amtliche topographische Karten der Landesvermessungsämter, digitale Gelände- und Höhenmodelle (DGM/DHM), Flugvermessung sowie Geoinformationssysteme (GIS). Das Format richtet sich nach Anwendung, Datenbank und Schnittstellen. Die aeronautischen Daten werden in einer Datenbank gespeichert, die in der Lage ist, diese Daten in Abhängigkeit ihrer zeitlichen Gültigkeit zu verwalten. Im Ergebnis finden die Daten Eingang in das Luftfahrthandbuch (AIP) und werden den Produzenten der bordseitigen Navigationsdatenbanken (z.B. Jeppesen, Lido FlightNav) zur Verfügung gestellt. Diese Prozesse werden mit dem Begriff *Aeronautical Information Management* zusammengefasst. Die internationale Verbreitung und der Datenaustausch geschehen mittels AIRAC-Amendment (Aeronautical Information, Regulation and Control), AIP und den Upload in die EAD (European AIS Database) in Rödelsheim [RICHTER, 2009].

Die folgenden Ausführungen zum Prozess der Kartenherstellung beziehen sich auf das Verfahren bei der DFS [DFS, 2012]:



Hier geschieht die Bearbeitung der Roll-, Ab- und Anflugkarten – IFR, der Streckenkarte – IFR und der entsprechenden Karten – VFR separat. Am Beispiel einer SID-Chart für den Flughafen Frankfurt, Startbahnen 25L/25C, Nordabflüge soll dieser Prozess beschrieben werden.

Ausgelöst wird die Bearbeitung entsprechend dem AIRAC-Revisionszyklus (alle 28 Tage) jeweils durch eine E-Mail von der Verfahrensplanung mit einer Übersicht der zu implementierenden *Amendments*, *AIRAC-Amendments* und *Supplements*. Gleichzeitig werden diese Daten von der Verfahrensplanung an die zentrale Datenbank *IACS* (Feature Manager) übermittelt. Amendments und AIRAC-Amendments unterscheiden sich in den Fristen zwischen Redaktionsschluss, Veröffentlichung und Inkrafttreten. Für Amendments erfolgt kein Datentransfer zur EAD. Supplements sind temporäre NOTAM in Kartenform.

An die E-Mail angehängt sind DGN-Files mit der Konstruktion der Verfahrensgeometrie, PDF-Files, Textseiten, WP-Liste und Symbolisierungsauftrag. Die Karten werden mit dem CAD-Programm *MicroStation* der Firma Bentley editiert. Für die verschiedenen Objektklassen sind hier insgesamt 63 Ebenen verfügbar. Im Gegensatz zur Streckenkarte – VFR sind den Ebenen hier keine Spezifikationen zugeordnet.

Zu Beginn wird der DGN-File mit der Konstruktion der Verfahrensgeometrie von FPDAM auf einer dieser Ebenen abgelegt. Die 3D-Konstruktion wird durch Höhen, Kurse, Fluggeschwindigkeiten, Entfernungen und Koordinaten definiert. Die Konstruktionselemente sind farblich codiert; neu geschaffene Elemente werden rot dargestellt, Elemente ohne Veränderung sind blau und wegfallende Elemente sind grau – siehe Abbildung 3-14.

Auf einer weiteren Ebene wird die sogenannte Symbolisierung abgelegt. Diese ist die Visualisierung des gesamten Datenbankinhaltes für den geographischen Bereich der vorgesehenen Karte – siehe Abbildung 3-15. Diese wird mit der Konstruktion überlagert.

Im nächsten Arbeitsschritt werden alle Elemente der Symbolisierung, die nicht in der Konstruktion enthalten sind, gelöscht (Grundbereinigung). Die verbleibenden Elemente werden mit Symbolen aus der spezifischen Signaturen-Bibliothek (Operations Manual) – hier für SID – ergänzt. Sie entsprechen den Vorgaben des ICAO-Annex 4, Appendix 2.

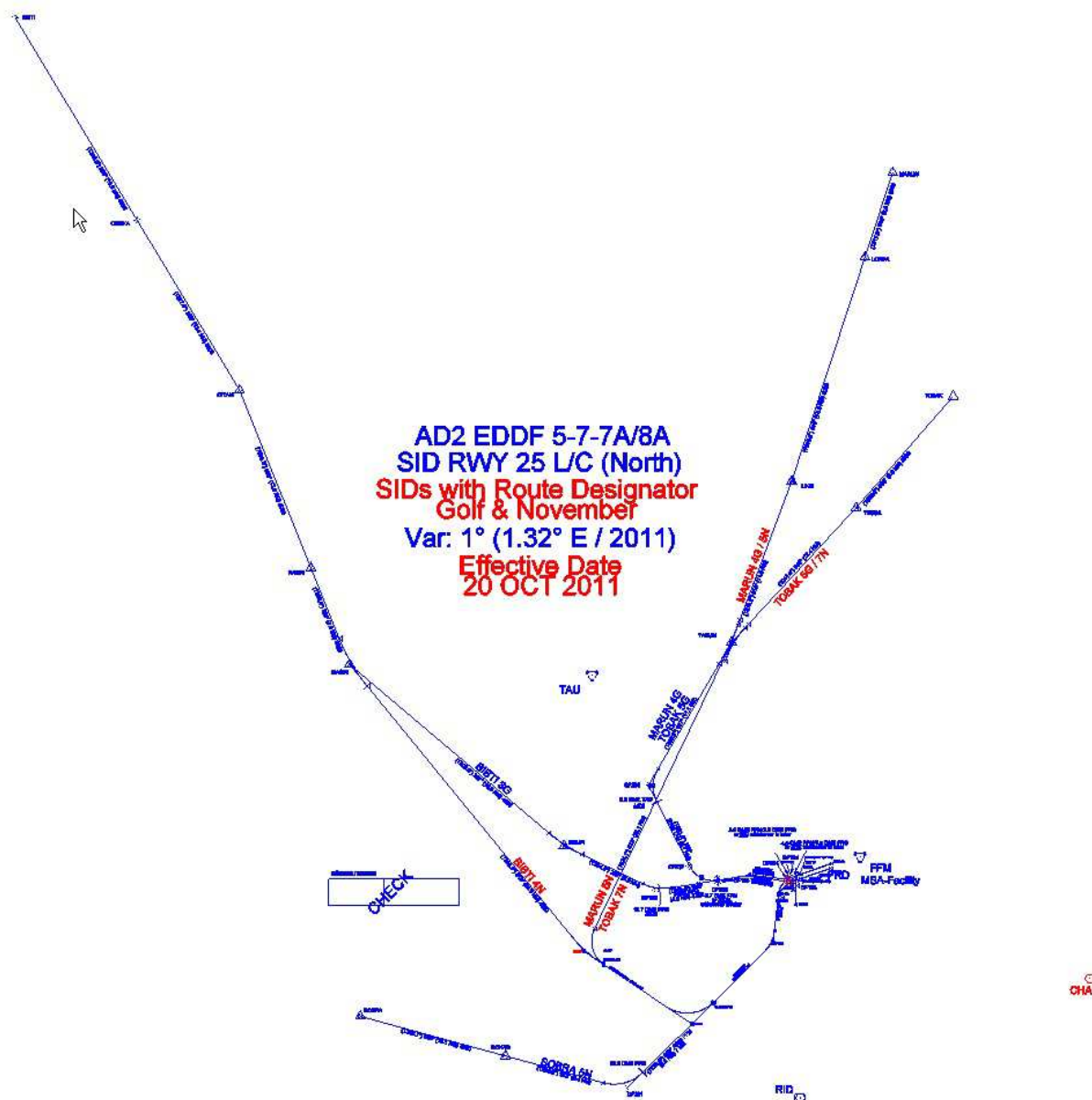


Abb. 3-14 DGN-File als Konstruktion der Verfahrensgeometrie mit FPDAM [DFS, 2012]

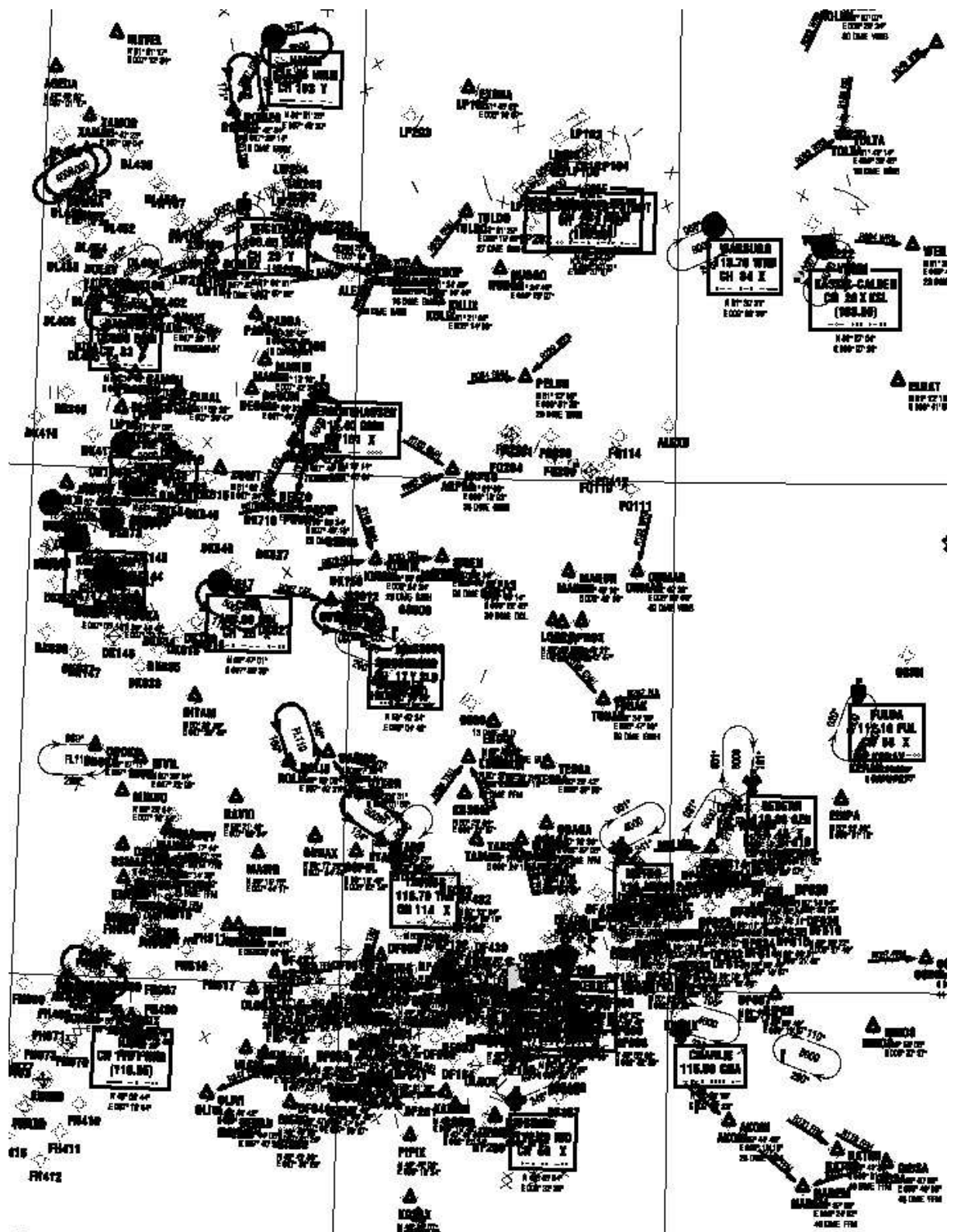


Abb. 3-15 Symbolisierung als Visualisierung des Datenbankinhaltes [DFS, 2012]

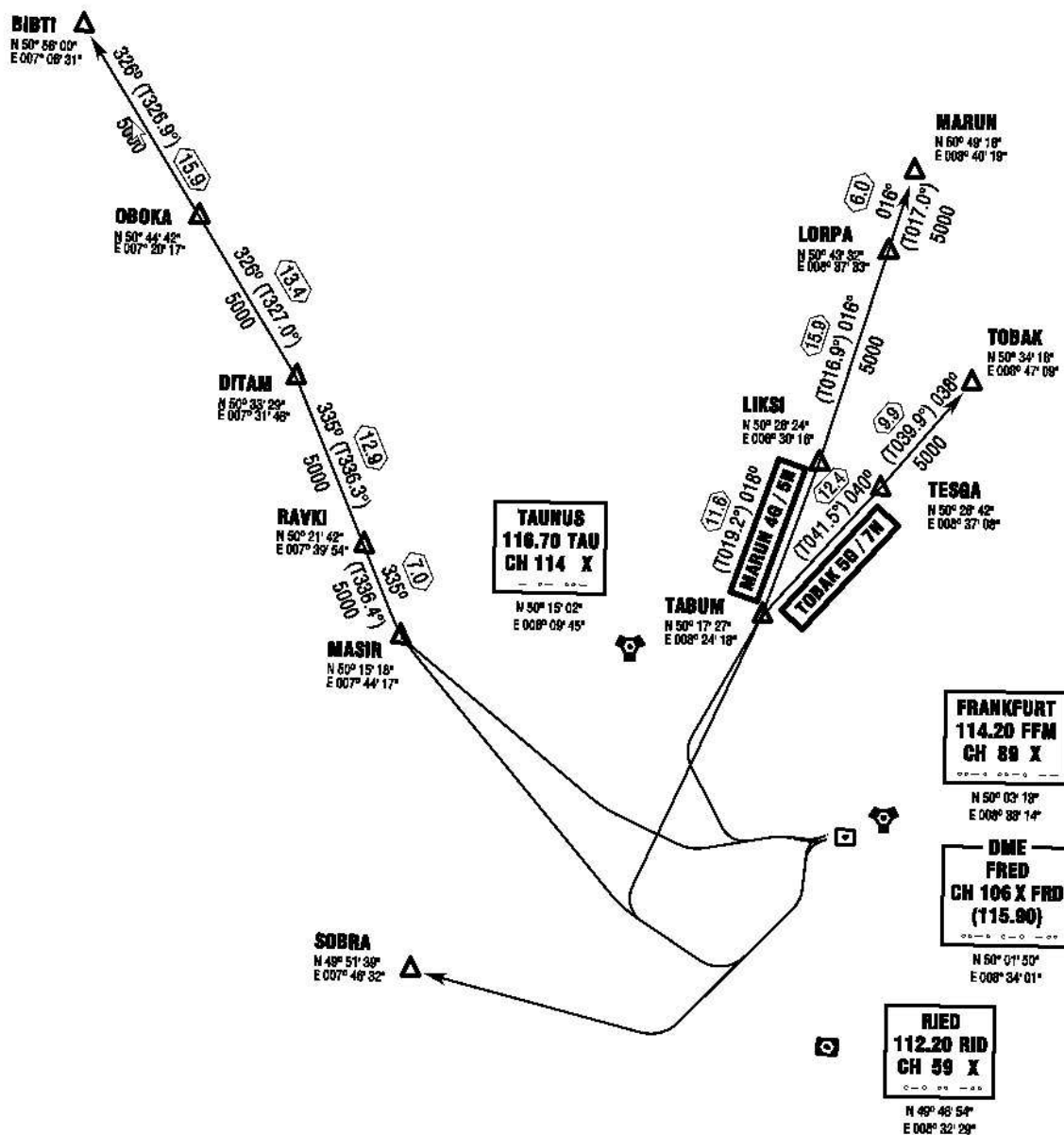


Abb. 3-16 IACS-Datei [DFS, 2012]

Dabei gilt, wie auch für die Nutzer im Cockpit, der Grundsatz: Bei widersprüchlichen Angaben zwischen Visualisierung und Text gilt immer die Textinformation! Als Ergebnis entsteht eine sogenannte IACS-Datei – siehe Abbildung 3-16.

Im nächsten Schritt wird die IACS-Datei mit der sogenannten Basis-Datei verknüpft. Die Basis-Datei umfasst für den jeweiligen Flughafen den Kartenrahmen, die Legende und die Referenzdatei „Topo“ mit dem Gitternetz.



*Topo* hinterlegt die geographischen Informationen und ermöglicht das Auslesen von Koordinaten. In der Basis-Datei müssen die MSA und Frequenz-Boxen manuell ergänzt werden. Bei der Verknüpfung wird die IACS-Datei an die Basis-Datei angehängt und entsprechend dem Maßstab 1 : 250.000, 1 : 500.000 oder 1 : 1.000.000 skaliert sowie rotiert. Die Rotation wird notwendig wegen der Meridiankonvergenz des Gitternetzes. Im Ergebnis dieser Rotation um den Konvergenzwinkel wird der Meridian, der durch den Flughafenbezugspunkt verläuft, in der Karte senkrecht abgebildet – siehe Abbildung 3-17.

In dieser Abbildung beachte man die Nebenkarte (inset). Die mit Abbildung 3-14 vorgegebene Verfahrensgeometrie muss vollständig im Grundmaßstab der Karte (hier 1 : 1.000.000) erfasst werden. Jedoch sind in diesem Maßstab Streckendetails in Flughafennähe nicht mehr lesbar darzustellen. Als Lösung des Problems wurde dieser Bereich in die Nebenkarte mit dem Maßstab 1 : 500.000 ausgelagert. Damit werden beide Vorgaben – maßstäbliche Darstellung und Lesbarkeit – erfüllt.

Nach Beendigung des Editierens wird eine sogenannte Umschlagmappe erstellt. Sie hat Checklisten-Funktion; alle Änderungen müssen darin nachvollziehbar angegeben werden. Nach Prüfung der Karte nach dem „Vieraugenprinzip“ und Freigabe wird die Karte im Format PDF dem Ordner PDF-Austausch zugeleitet und von dort automatisch an die Druckerei. Die Veröffentlichung erfolgt als Papierkarte und elektronisch im Format PDF.

## **4 Integration digitaler Luftfahrtkarten**

In diesem Kapitel sollen die Voraussetzungen und Integrationsmöglichkeiten für digitale Dokumente/Flugkarten in den flugphasenabhängigen Informationsfluss behandelt werden.

### **4.1 Electronic Flight Bag**

Eine moderne Entwicklung sind digitale, im Cockpit auf einem hochauflösenden Bildschirm präsentierte Flugunterlagen und Dokumente (Electronic Flight Bag – EFB), die das herkömmliche Briefing-Paket und die Papier-Dokumentation ersetzen sollen. Die digitale Flugkarte ist eine Teilkomponente des gesamten EFB-Aufgabenpakets.

Als Vektorkarte integriert sie auf einem (meist separaten) Bildschirm im Cockpit entsprechend der Flugphase relevante Informationen aus der Navigationsdatenbank, Flugsicherungsinformationen, eine lückenlose und präzise Flugwegdarstellung einschließlich der Verkehrssituation und Freigabegrenzen auf den Vorfeldern und Rollwegen der Flughäfen. Damit gehen die Funktionalitäten der elektronischen Flugkarte weit über die Verwendungsmöglichkeiten der Papierkarte hinaus.

Zum Überblick sollen zunächst die gegenwärtig (Dezember 2011) generell verfügbaren EFB-Funktionalitäten aufgezeigt werden. Diese können jedoch abhängig von der konkreten Ausrüstung des Luftfahrzeuges und typabhängig eingeschränkt sein [ALLEN, 2003; CAHILL & MC DONALD, 2006; MC HALE, 2010; MECHAM, 2002]:

- Dokumentenansicht (Checklisten, Luftfahrtkarten, Wartungshandbücher)
- Berechnungen der Flugleistung für Start und Landung sowie des Ladeplans
- in Echtzeit nachgeführte Karte – Airport Moving Map Display (AMMD)
- Präsentation von Wetterkarten, Echtzeit-Satellitenbildwetterdaten, NOTAM
- Arbeiten mit interaktivem OFP

- Dokumentation technischer Beanstandungen
- Wiedergabe von Datalink-Meldungen (Automatic Dependent Surveillance – ADS-B, Controller Pilot Datalink Communication – CPDLC)
- Videoüberwachung des Cockpiteingangsbereichs

### 4.1.1 EFB-Klassen/Integrationsstufen

Das Volpe National Transportation Center ist eine Forschungsabteilung innerhalb des US-Transportministeriums. Seit 1998 erfolgen hier mit arbeitswissenschaftlichen Methoden Untersuchungen zur Gestaltung von EFB unter Berücksichtigung dessen, was mit dem Begriff „human factors“ zusammengefasst wird. Die Richtlinien der Federal Aviation Administration (FAA) für EFB basieren auf diesen Arbeiten [CAHILL & MC DONALD, 2006]. Unter *human factors* werden z.B. kognitive Prozesse verstanden oder die Interaktionen zwischen Mensch und Maschine/Computer.

Die US-amerikanische Flugsicherheits- und Zulassungsbehörde FAA klassifiziert EFB als abgeschlossenes, unabhängiges (transportables) System bis hin zu einem System, das Schnittstellen zu den Luftfahrzeugsystemen (multiple datalink capabilities) hat [FAA, 2003].

An den FAA-Vorgaben orientiert, hat die europäische Joint Aviation Authority (JAA) bzw. deren Nachfolgeorganisation European Aviation Safety Agency (EASA) Richtlinien zur Zulassung, Lufttüchtigkeit und betrieblichen Nutzung von EFB erlassen. Entsprechend werden drei EFB-Klassen unterschieden:

- EFB – Klasse 1: transportabel und ohne Verbindung zu den Luftfahrzeugsystemen (controlled portable electronic devices – PEDs), darf nicht unterhalb von FL 100, zum Rollen sowie für Start und Landung genutzt werden.
- EFB – Klasse 2: transportabel (kann ohne Verwendung von Werkzeug deinstalliert werden), mit Verbindung zum Luftfahrzeug. Dieses kann Daten von den Luftfahrzeugsystemen empfangen und verarbeiten, aber nicht senden (PEDs) und ist während allen Flugphasen nutzbar. Für die Zulassung ist ein Nachweis der Lufttüchtigkeit erforderlich.



## 4 Integration digitaler Luftfahrtkarten

- EFB – Klasse 3: nicht transportables, fest im Luftfahrzeug installiertes System. Für die Zulassung ist sowohl der Nachweis der Lufttüchtigkeit der Hardware als auch der Qualifikation der Nutzer erforderlich.

EFB der Klassen 1 und 2 sind als Nachrüstung für Luftfahrzeuge älterer Bauart vorgesehen. Beispiel für ein EFB – Klasse 1 ist das iPad der Firma Apple (Tablet-PC), das sich zur Zeit (Dezember 2011) im Zulassungsprozess befindet. Die Abbildung 4-1 gibt beispielhaft den Einstieg in die Menüführung für die digitalen Flugkarten des *Lido iRouteManual* von Lufthansa Systems FlightNav wieder. Auf der linken Seite erfolgt hier die Auswahl des Flughafens, die Auswahl der Karten geschieht durch die farbigen Felder unten. Nach Selektion der Startbahn und des Abflugverfahrens bzw. der Landebahn und des Anflugverfahrens kommen statische Luftfahrtkarten mit Zoom-Funktion zur Anzeige.

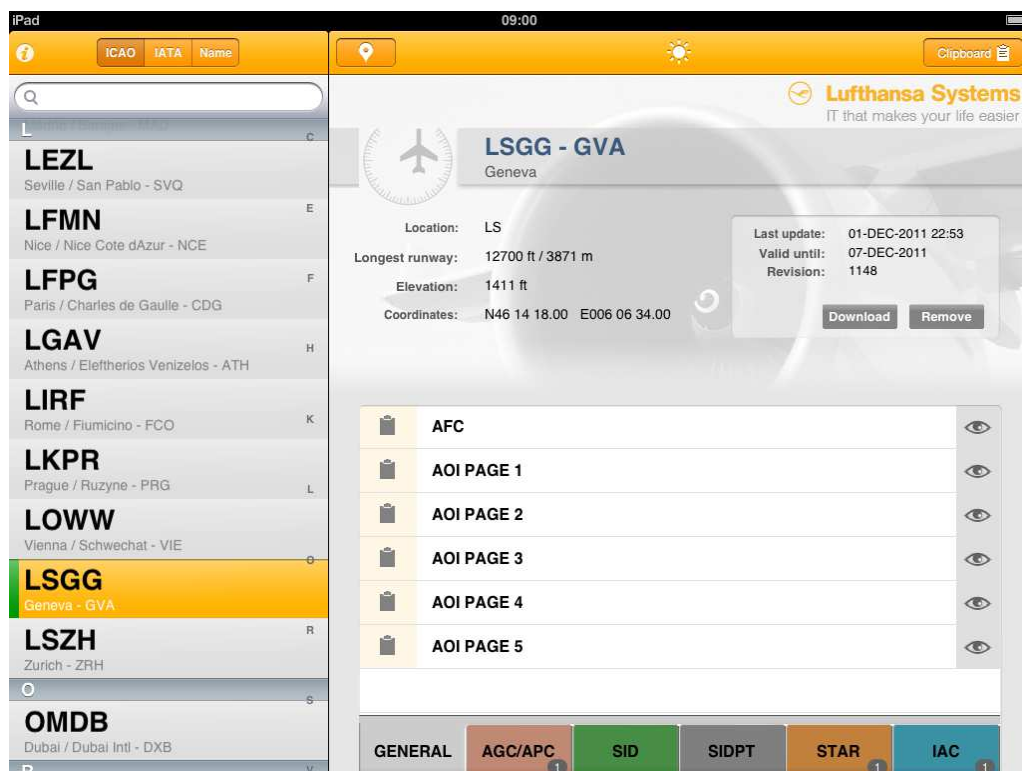


Abb. 4-1 Beispiel-Applikation für EFB – Klasse 1 [LIDO iRM, 2011]

Die Wiedergabe der Verkehrssituation auf Rollwegen und Vorfeldern bei Echtzeitdarstellung der Position des eigenen Luftfahrzeuges (Airport Moving Map Display – AMMD) ist ab EFB – Klasse 2, sofern eine Schnittstelle zum Navigationssystem des Luftfahrzeuges vorhanden ist, möglich. Die Erstauslieferung eines fest eingebauten EFB – Klasse 3 erfolgte im Jahre 2003 mit einer Boeing 777-200ER für die niederländische Fluggesellschaft KLM [ALLEN, 2003].

Architektur, Sensoren und Datenfluss zwischen den Luftfahrzeugsystemen, die für die Flugführung und Navigation genutzt werden, sind in Abbildung 4-2 schematisch dargestellt. Auf der linken Seite dieser Abbildung sind die Navigationssensoren wiedergegeben. In jeweils doppelter Ausführung ermitteln GPS, IRS und DME voneinander unabhängig die Luftfahrzeugposition. Die gelieferten Positionskoordinaten durchlaufen eine rekursive Kalman-Filterung. Anschließend wird im Flight Management System (FMS) die beste Positionslösung als FMS-Position für alle weiteren Berechnungen durch den Flight Management Computer (FMC) sowie für EFB verwendet. Ein solches System wird als integriertes Navigationssystem (nach dem Multisensor-Konzept) bezeichnet.

Die Flugführungsinstrumente dienen der Überwachung der Steuerungsgrößen des Luftfahrzeuges. Steuerungsgrößen sind räumliche Orientierung, Steuerkurs, angezeigte Geschwindigkeit (gegenüber der Luft), Flughöhe und Änderung der Flughöhe (Steig- bzw. Sinkrate). Sie werden kontrolliert durch Vorgaben am AFGS-Panel (Auto-Flight and Guidance System) – in der Abbildung unten dargestellt. Zentrale Eingabeschnittstelle für z.B. Flugplandaten ist die MCDU (Multi-Purpose Control and Display Unit) des FMS. Der Datenfluss FMS – AFGS ist mit Rückkopplung, der Datenfluss AFGS – Flugführungsinstrumente geschieht jedoch ohne Rückkopplung (in der Abbildung 4-2 durch dicke schwarze Pfeile angedeutet).

Das rechts oben dargestellte EFB kann als EFB – Klasse 2 interpretiert werden. Die Daten für die Navigationsdatenbank des FMS und des EFB haben eine gemeinsame Quelle, um Datenkonsistenz zu gewährleisten.

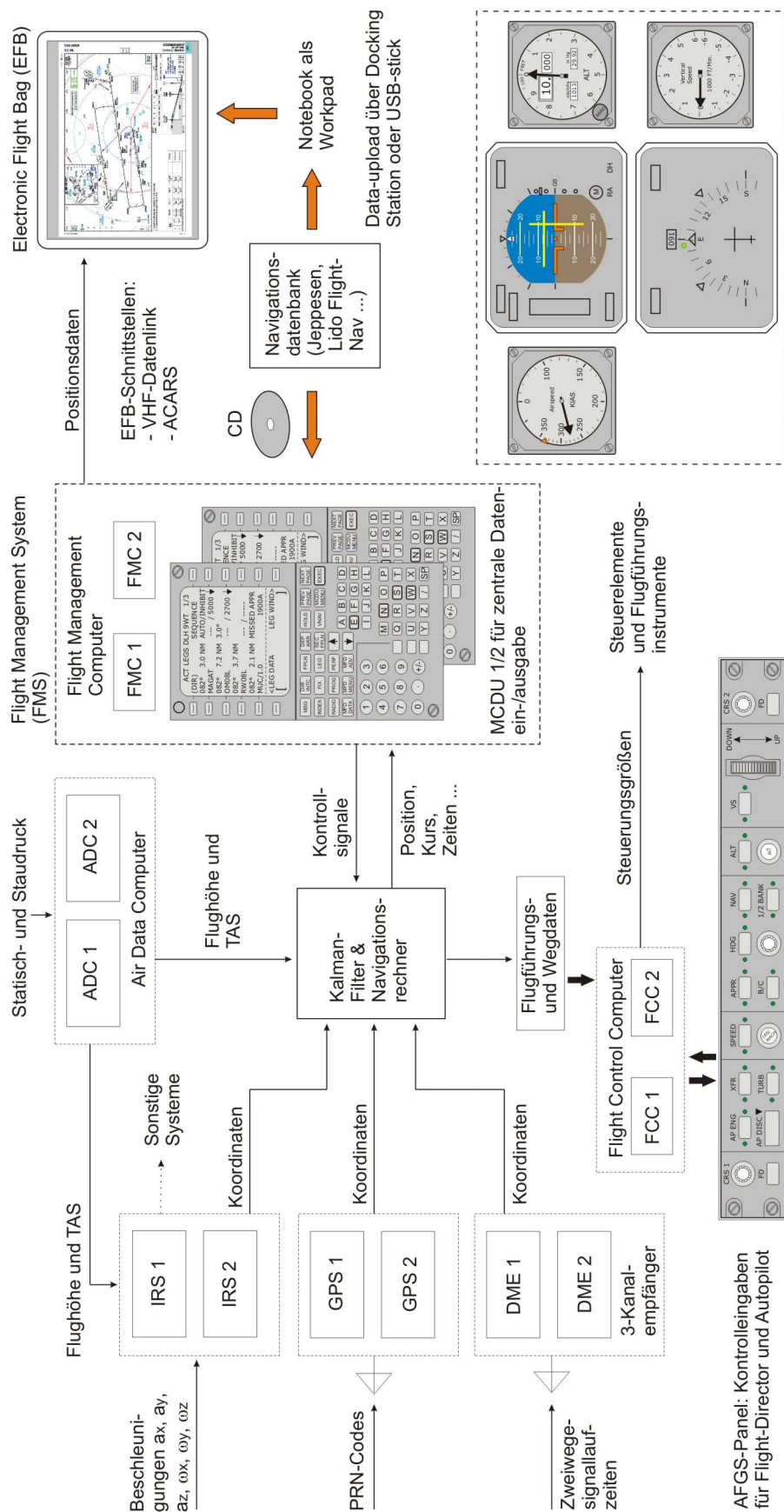


Abb. 4-2 Architektur eines integrierten Navigationssystems mit EFB [eigene Abbildung]

### 4.1.2 Relevante Publikationen

Der ICAO-Annex 4, Chapter 20 – Electronic Aeronautical Chart Display – definiert Mindestanforderungen an Hardware und Funktionalitäten elektronischer Flugkarten. Anforderungen an die Bildschirmanzeige digitaler Luftfahrtkarten werden in den Minimum Operating Performance Standards for the Depiction of Navigational Information on Electronic Maps der *Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA)* definiert [ICAO, 2009; RTCA, 2003]. Für den Stand der Entwicklungsarbeiten der *Society of Automotive Engineers (SAE)* für einen international verbindlichen und einheitlichen Industriestandard für Bildschirm-Symbole in der Luftfahrt – siehe [SAE, 2011].

Die Forschungsarbeiten am Volpe National Transportation Center in den USA umfassen die Gestaltung und Funktionalitäten von EFB – siehe [CHANDRA & MANGOLD, 2000], Kriterien zur Bewertung der Güte von EFB – siehe [CHANDRA, 2004; CHANDRA & YEH, 2006], Erhebungen mit Probanden zur Gestaltung von Karten und Symbolen und die Auswertung der Ergebnisse mit statistischen Methoden – siehe [CHANDRA & YEH, 2007; CHANDRA et al., 2007; YEH, 2004] und die Auswertung von Vorkommnissen und sicherheitsrelevanten Berichten, bezogen auf den praktischen Einsatz von EFB – siehe [CHANDRA & KENDRA, 2010; JAA, 2006].

Auf die Untersuchungsergebnisse zur Gestaltung von Signaturen und die beim Einsatz von EFB gesammelten Erfahrungen wird in Kapitel 6 Bezug genommen.

## **4.2 Besonderheiten der Bildschirmpräsentation**

Die Bildschirmpräsentation digitaler Luftfahrtkarten muss grundsätzlich den selben Anforderungen genügen, wie analoge Karten aus Papier.

Nach [HECHT et al., 1999] ist die Mindestdarstellungsgröße für Kartensymbole auf einem Bildschirm 4 mm. Es gilt der 1,5-fache Wert der Mindestdarstellungsgröße für dieselben Objekte in einer Papierkarte. Nach [KUSE, 2009] ist die Mindestdarstellungsgröße für Kartensymbole auf einem Desktop-PC für einen Betrachtungsabstand von 70 cm die mit dem Faktor 1,4 multiplizierte Objektgröße in einer Papierkarte.

Der Betrachtungsabstand von EFB-Displays im Cockpit ist normalerweise nicht größer als 50 cm, so dass die Minstdarstellungsgrößen den Werten von Papierkarten nahe kommen sollten. Auch muss beachtet werden, dass die Entwicklungsarbeiten für digitale Karten in die 1990er Jahre zurückreichen, als die Bildschirmauflösungen vergleichsweise niedrig waren. Heutzutage erreichen einige hochauflösende Bildschirme bereits Papierqualität (z.B. iPad).

Die Vergrößerung von Symbolen und Text (Zoom-Funktion) würde ohne zusätzliche Maßnahmen zu Überlagerungen sowie Verdeckungen und insgesamt zu einem überlasteten Kartenbild führen. Daher sind Prioritätsregeln als Maßnahmen der Generalisierung für die Unterdrückung von Symbolen und situationsspezifischem Weglassen unnötiger Informationen erforderlich um sicherzustellen, dass die jeweils wichtigste Information immer dargestellt wird. Die Umsetzung solcher Regeln in Graphik erfordert eine teilweise komplizierte Fallunterscheidung nach den Attributwerten oft mehrerer benachbarter Kartenobjekte [HECHT et al., 1999].

Das begrenzte Auflösungsvermögen von Bildschirmen macht außerdem die Verwendung einfach gestalteter Signaturen notwendig. Diese bewirken neben der Entlastung des Kartenbildes eine Verringerung der Datenmenge und ermöglichen damit einen schnelleren Bildaufbau. Abbildung 4-3 gibt beispielhaft verschiedene Signaturen für ungerichtete Funkfeuer (NDB) wieder. Die beiden Symbole auf der linken Seite sind traditionelle Darstellungen, die beiden Symbole rechts sind bildschirmtauglich. Man beachte den Unterschied in der Komplexität. Zu Anforderungen an die Symbole/Signaturen und die Schriftfonts – siehe [KUSE, 2009].



Abb. 4-3 Signaturen für NDB

Beim Auftreten von Turbulenzen und Vibrationen muss die Karte ebenfalls lesbar sein. Des Weiteren muss der Bildschirm die Lesbarkeit der Karte bei extremen Lichtverhältnissen ermöglichen.

Helligkeit, Kontraste und Farben sowie Textinformation müssen sowohl in hellem Sonnenlicht mit Schlagschatten, Streulicht in Wolken, Dämmerung und auch nachts bei Dunkelheit oder in künstlicher Cockpitbeleuchtung die sichere Interpretation gewährleisten. Bei Dunkelheit sind Blendeffekte zu vermeiden. Dies erfordert eine Anpassung (Tag-/Nachtmodus) des Displays an wechselnde Umgebungshelligkeiten durch Erzeugung angepasster Farbsätze bei Einhaltung von Kontrast und Randschärfe für die Kartenobjekte.

### 4.3 Technische Aspekte und Daten

Die im Kapitel 5 behandelten Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten basieren auf einem EFB – Klasse 2. Ein solches umfasst für ein Zwei-Personen-Cockpit pro Pilot ein in der Laptop-Docking Station leicht zu installierendes Notebook als Workpad, ein 10,4 Zoll-Display (z.B. Goodrich mit einer Auflösung von 1.024 x 768 Pixel), Kabelverbindungen und Schnittstellen sowie die Energieversorgung aus dem Bordstromnetz (separate 28 V/DC-Schienen) bzw. Reserve-Energieversorgung (Akkus).

Sämtliche Daten und die Software für die EFB-Funktionen befinden sich auf dem Workpad. Die Datenaktualisierung erfolgt vom zentralen Server jeweils bei Dienstbeginn über eine Docking-Station, von wo auch das Briefing-Paket bezogen wird. Kontrollelemente werden als Touch-Screen auf dem Display realisiert.

Im Folgenden wird der Weg der aeronautischen Daten bis zur Ausgabe der Luftfahrtkarte am Beispiel des *Lido eRouteManual* von Lufthansa Systems FlightNav beschrieben. Der Prozess soll fehlerfreie und konsistente Daten für die FMS-Navigationsdatenbank, die Karten und damit die EFB-Datenbank sicherstellen [LIDO, 2012]:

Aeronautische Daten werden aus den nationalen Luftfahrthandbüchern (AIP) übernommen. Änderungen zu diesen werden zwei Monate im Voraus durch die sogenannten Air Navigation Service Provider (ANSP) an den, der jeweiligen geographischen Region zugeordneten Aeronautical Information Service (AIS) per CD oder als Download von der Website zur Verfügung gestellt.

Von AIS erfolgt die Weitergabe sowohl an die Abteilung FMS als auch gleichzeitig an die Kartenproduktion, so dass die Datenübernahme voneinander unabhängig in das sogenannte FMS-Tool und den AIP Document-Manager geschieht. In der Kartenproduktion werden die Änderungen als Aufträge (workorders) je nach Betreff dem Allgemeinen Teil (General – GEN) des RouteManual oder dem Kartenteil zugeordnet. Der Kartenteil wird weiter untergliedert in:

- Minima (MIN)
- Procedures (PROC)
- Airport Operational Information (AOI)

Gemäß dieser Aufteilung ergeben sich die zuständigen Arbeitsplätze zur Ausführung der workorders. Entsprechend der Gliederung der Anflugkarten erfolgt eine weitere Unterteilung und Zuordnung der Daten in die Bereiche:

- Planview
- DME-/Altitude-Table und Approach Light System (APL)
- Profile
- Minima

Die anschließende Qualitätskontrolle (production controlling tool) erfolgt nach dem „Vieraugenprinzip“. Dabei werden die in Karte und FMS-Navigationsdatenbank eingearbeiteten Daten direkt mit den eingegangenen Änderungen zum AIP verglichen. Änderungen im Textteil der Karten werden durch einen seitlich zugeordneten senkrechten Balken gekennzeichnet.

Die revidierten Daten werden anschließend an die Datenbank (SQLite) auf dem Zentralserver übermittelt, wo nun konsistente Daten für die verschiedenen Verwendungen zur Verfügung stehen. Deren Weiterverarbeitung bis zur Ausgabe der Karten ist schematisch in Abbildung 4-4 dargestellt. Alle Arbeitsschritte bei der Überführung der Sachdaten sowie der Koordinaten und Geometriedaten zur Karte werden durch den Editor geleistet. Signaturen und Farbschlüssel, Linienstärken usw. werden für jedes Kartenobjekt als Spezifikation festgelegt.

Der Automationsgrad bei den Spezifikationen wird bewusst niedrig gehalten, um unterschiedliche individuelle Kundenwünsche kostengünstig umzusetzen. Nur bei Bedarf wird der Symbolschlüssel (quick-ref) manuell mit Checkliste für jedes Kartenblatt nach Freigabe durch das Spezifikationen-Team angepasst. Eine entsprechend große Bedeutung hat die anschließende Qualitätskontrolle.

Ergebnis ist die Luftfahrtkarte im Format PDF für den Druck als Papierkarte und als skalierbare Vektorgraphik im Format SVG für das eRouteManual. Da die analogen und die digitalen Karten völlig identisch sind, wurden bei der Entwicklung der Spezifikationen Symbole, Farben und Mindestdarstellungsgrößen definiert, die sowohl den Anforderungen an Papierkarten als auch an die Bildschirmdarstellung genügen.

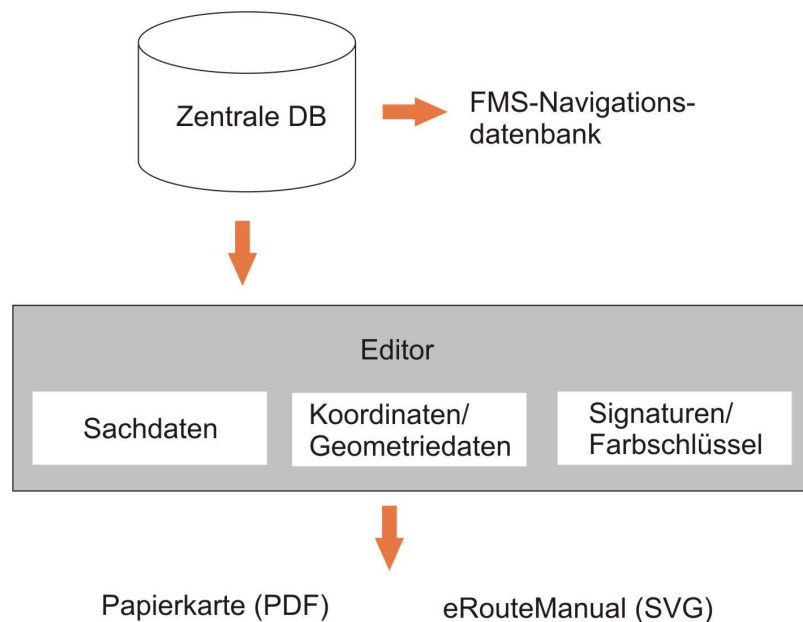


Abb. 4-4 Überführung der aeronautischen Daten in die Luftfahrtkarte

Das Lido eRouteManual wird als Gesamtausgabe ausgeliefert. Die Anflugkarten werden hier in der Applikation durch die Zusammenführung von Planview, DME-/Altitude-Table/APL/Profile und Minima als separate SVG-Dateien erzeugt. Dies ermöglicht bei der Zoom-Funktion die flexible Getrenntdarstellung der Bereiche.

Die Auslieferung der Karten erfolgt sieben Tage im Voraus, womit sich ein Ausgabedatum und ein Datum für das Inkrafttreten (date of effectivity) ergibt.



Zur Sicherstellung der automatischen Anpassung der Karten des eRouteManual an die gültige Revision erfolgt eine Doppelauslieferung, d.h. die alte Karte wird mit einem Enddatum ausgeliefert, die neue Karte wird mit dem Datum des Inkrafttretens geliefert. Sobald das aktuelle Datum nach Systemzeit mit dem Datum des Inkrafttretens übereinstimmt, wird die alte Karte gelöscht. Das Gültigkeitsdatum für jede Karte ist Parameter der Metadaten. Diese sind als XML-Steuerungsdatei für jeden Flughafen vorhanden – siehe Abbildung 4-5.

```
- <Airport icaoCode="EDDM" created="03.01.2012" aptCity="Munich" aptCountry="Germany"
  iataCode="MUC" aptName="Munich" highlight="true" aptType="DEST" chartsDb="EDDM.db"
  quadrantsLayout="X" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="../../airport.xsd">
- <Rwys>
- <Rwy ident="08L" qfu="81">
- <SIDs>
- <Chart cvID="549973" aircraftType="ALL" temp="false" cname="SIDs RWY
  08L South/East (RNAV Overlay)" efrom="17.11.2011" etill="31.12.9999"
  procID="191038" ident="ALG 1Q JET"
  file="EDDM_STD_SID_SIDsRWY08LSouthEast(RNAVOverlay)
  _cv549973_v1_pv.svgz" quadrant="SW">
  <SubChart name="proceduretext" typ="ProcText"
    ident="cv549973_v1_pt_elc191038_comp2763426"
    file="EDDM_STD_SID_SIDsRWY08LSouthEast(RNAVOverlay)
    _cv549973_v1_pt_elc191038_comp2763426.svgz" />
  </Chart>
- <Chart cvID="550162" aircraftType="ALL" temp="false" cname="SIDs RWY
  08L North/West (RNAV Overlay)" efrom="17.11.2011" etill="31.12.9999"
  procID="191181" ident="ANKER 7Q RNAV"
  file="EDDM_STD_SID_SIDsRWY08LNorthWest(RNAVOverlay)
  _cv550162_v1_pv.svgz" quadrant="NE">
  <SubChart name="proceduretext" typ="ProcText"
    ident="cv550162_v1_pt_elc191181_comp2764296"
    file="EDDM_STD_SID_SIDsRWY08LNorthWest(RNAVOverlay)
    _cv550162_v1_pt_elc191181_comp2764296.svgz" />
  </Chart>
```

Abb. 4-5 Auszug aus der XML-Steuerungsdatei – Flughafen München [LIDO eRM, 2012]

## 5 Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten

Folgende Grundfunktionalitäten können für digitale Karten unterschieden werden [HECHT et al., 1999]:

- graphische Darstellung des Kartenbildes
- Informationssystem-Funktion
- Integration mit anderen Datenquellen und Sensoren

Aufgrund der andauernden Weiterentwicklung der EFB-Technologie muss man zwischen bestehenden Funktionalitäten und zukünftig verfügbaren, sinnvollen bzw. möglichen Erweiterungen unterscheiden.

### 5.1 Bestehende Funktionalitäten

Im Detail werden wesentliche, zur Zeit realisierte Funktionalitäten anhand eines Fluges von München (EDDM) nach Dresden (EDDC) für ein EFB – Klasse 2 am Beispiel des *Lido eRouteManual* in der Version 4.0.0.21.12 behandelt. Die digitalen, statischen Karten gleichen in ihrer Gestaltung den analogen Karten. Alle Funktionalitäten sind über die Struktur Menü/Untermenü ansprechbar; die Menüstruktur ist intuitiv und leicht erlernbar. Nutzereingaben erfolgen über Druckknöpfe oder Tastatur auf dem Touch-Screen des Displays.

Der Einstieg in die Anwendung geschieht über die *Setup-Page* – siehe Abbildung 5-1. Im oberen Teil wird das Datum für den aktuellen und den vergangenen Revisionsstand der Datenbank angegeben, um die Verwendung aktueller Daten sicherzustellen (14-Tageszyklus). Gegebenenfalls kann die aktuelle Datenbank manuell aktiviert werden.

## 5 Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten

Am sogenannten *Clip* können die Karten von bis zu fünf Flughäfen ausgewählt werden – beginnend mit dem Startflughafen sowie dem Ziel- und den Ausweichflughäfen. Damit können je Flughafen sämtliche Kartentypen schnell aufgerufen werden. Als Ausweichflughäfen wurden hier Prag (LKPR) und Leipzig/Halle (EDDP) gewählt. Jederzeit direkt verfügbar ist der allgemeine Teil (GEN) des Lido eRouteManual um Textinformationen wie aktuelle NOTAM oder die Informationen zu den Besonderheiten des Flughafens (AOI) nachzuschlagen. Über das Anklicken des Druckknopfes rechts oben mit dem Fragezeichen kann man Hinweise zur Bedienung und Nutzung aller Funktionalitäten aufrufen.

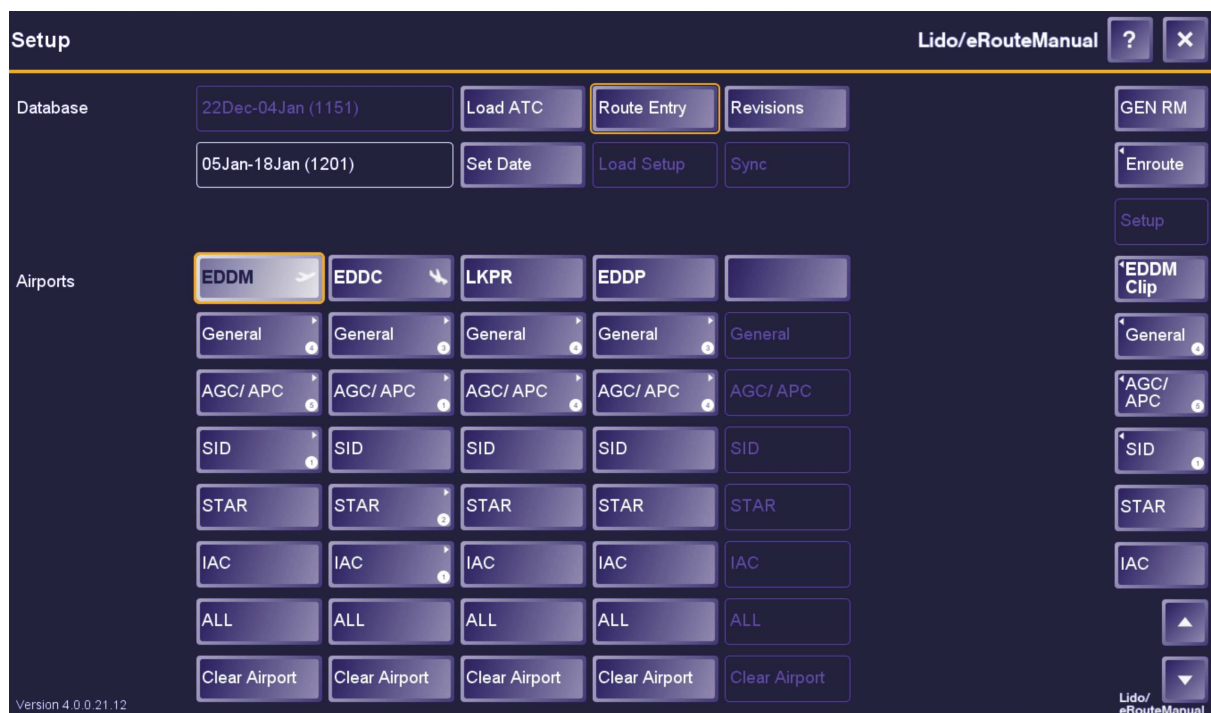


Abb. 5-1 Setup-Page des Lido eRouteManual [LIDO eRM, 2012]

Im Menü *Route Entry* kann die im OFP angegebene Flugstrecke bestehend aus WP und ATS-Routes eingegeben werden – siehe Abbildung 5-2. Zur Eingabe dieser alphanumerischen Zeichenfolge wird die Tastatur in der Abbildung rechts genutzt; deren Gestaltung entspricht jener der FMS-MCDU im Cockpit. Aktuell ausgewählte Flughäfen, Funkfeuer und WP werden in der Box auf der linken Seite aufgelistet.

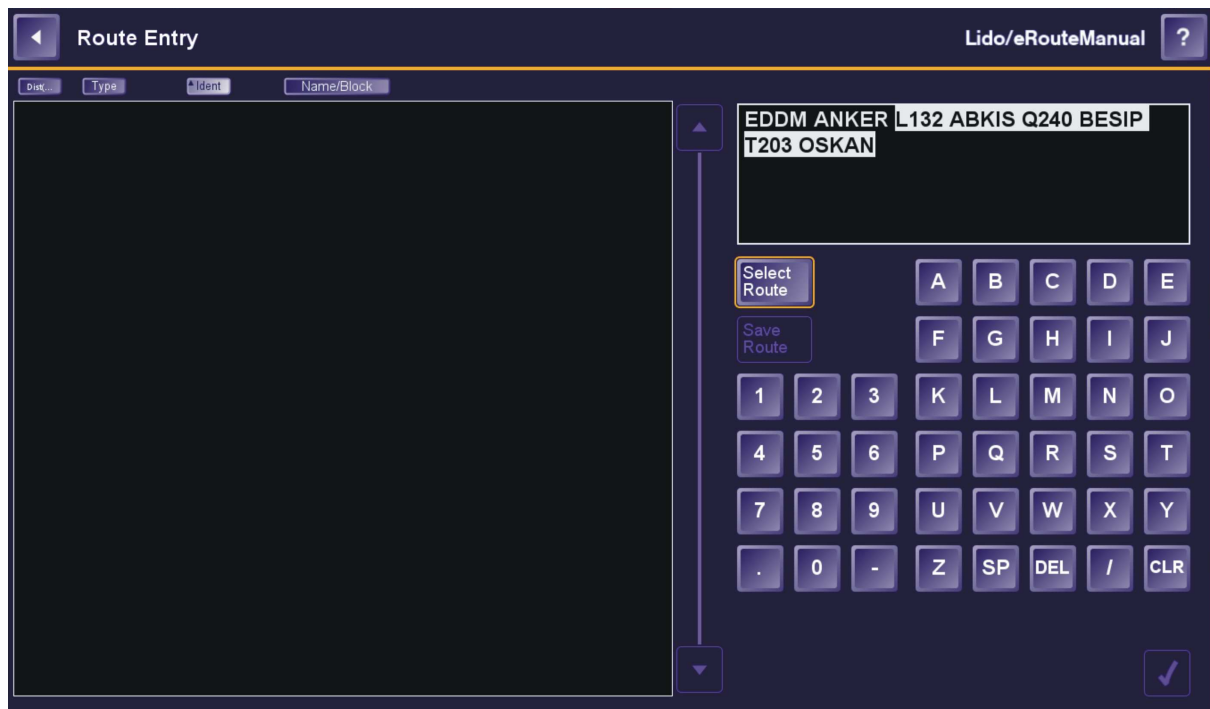


Abb. 5.2 Route Entry-Page [LIDO eRM, 2012]

Durch Anklicken des Häkchens rechts unten wird der Flugplan aktiviert. In der Streckenkarte werden diese Streckenabschnitte dann farbig markiert.

Im Weiteren werden nun die den Flugphasen zugeordneten Karten aufgerufen. Daran orientiert ist die Reihenfolge (pro Flughafen von oben nach unten) der Karten im Menü der *Setup-Page*. Die genaue Bezeichnung einer jeden Karte ist in deren Bildschirmdarstellung jeweils als Index in der oberen linken Ecke angegeben. Der Index ist zusätzlich farbcodiert – genauso, wie bei den analogen Karten des Lido RouteManual. Die Karten bieten verschiedene Interaktionsmöglichkeiten.

Dabei kann man als Interaktion generell die aufeinander bezogene Wechselwirkung von zwei oder mehreren Handlungspartnern bezeichnen. Interaktive karto-graphische Darstellungen sind gekennzeichnet durch eine graphische Bedienungs-oberfläche (Benutzerschnittstelle), die üblicherweise aus systematisch strukturierten graphischen Schaltflächen (Menü), Eingabetastatur, Zeigergerät (z.B. Maus) und einer nahezu unverzüglichen Bildschirmanzeige besteht [HAKE et al., 2002].

Interaktionsmöglichkeiten bei den Roll-, Ab- und Anflugkarten bestehen in der fünfstufigen Zoom-Funktion und der Verschiebbarkeit des Kartenausschnitts (Pan). Der Karteninhalt bzw. die dargestellten Objekte bleiben beim Wechsel der Zoom-Stufe unverändert. Des Weiteren können alle Karten und Dokumente entweder im Tag- oder im Nacht-Modus (invertiert) wiedergegeben werden. Bei der Bildschirm-darstellung einer jeden Karte des Lido eRouteManual bleiben die Bedienknöpfe für die anderen Menüs auf der rechten Bildschirmseite immer erhalten (so die Vorein-stellung), um direkt in diese wechseln zu können.

Die Bildschirmanzeige der Rollkarten wird mit dem Druckknopf *AGC/APC* initiiert. Auf komplexen Flughäfen, wie auch München, ist die Darstellung der Übersichts-karte und der Vorfelder auf mehrere Blätter verteilt. Die Parkposition des Luftfahr-zeuges auf dem Vorfeld findet man in der Karte mit dem größten Maßstab (APC) – siehe Abbildung 5-3. Hier findet man außerdem die Funkfrequenzen für die Kom-munikation mit den zuständigen Flugsicherungs-Betriebsdiensten (grüne Box). Die Bildschirmdarstellung in dieser Abbildung ist in der kleinsten Zoom-Stufe (1/5), d.h. mit Vergrößerung der Zoom-Stufe wird die Darstellung einzelner Parkpositionen möglich.

Beim Rollen zur Startbahn geschieht die Orientierung mit der Übersichtskarte (AGC), die einen vergleichsweise kleineren Maßstab hat – siehe Abbildung 5-4. Ent-sprechend der freigegebenen Rollstrecke kann man sich Zoom-Stufe und Karten-ausschnitt passend einstellen. In unserem Beispiel erreicht man die Startposition zur Startbahn 08L in der Karte links oben.

Für die Vorbereitung der Abflugstrecke werden im Menü *SID-Index* bei Auswahl des Untermenüs *ALL* zunächst sämtliche für den Flughafen veröffentlichten SID an-gezeigt. Deren Anzahl kann, wie auch für München, erheblich sein. Die Einschrän-kung der Routen, und damit auch der Verwechslungsmöglichkeiten, erfolgt durch die Wahl der Startbahn – im Beispiel 08L – oder die Wahl der geographischen Richtung – im Beispiel Nord – oder durch die Kombination von Startbahn und Richtung – siehe Abbildung 5-5. Aus dieser nun eingeschränkten Zahl der Abflugstrecken wird die beabsichtigte und durch ATC freigegebene SID per Doppelklick auf den Haken rechts unten aktiviert und die entsprechende Karte zur Anzeige gebracht – die Beispiel-SID ist ANKER 7Q.

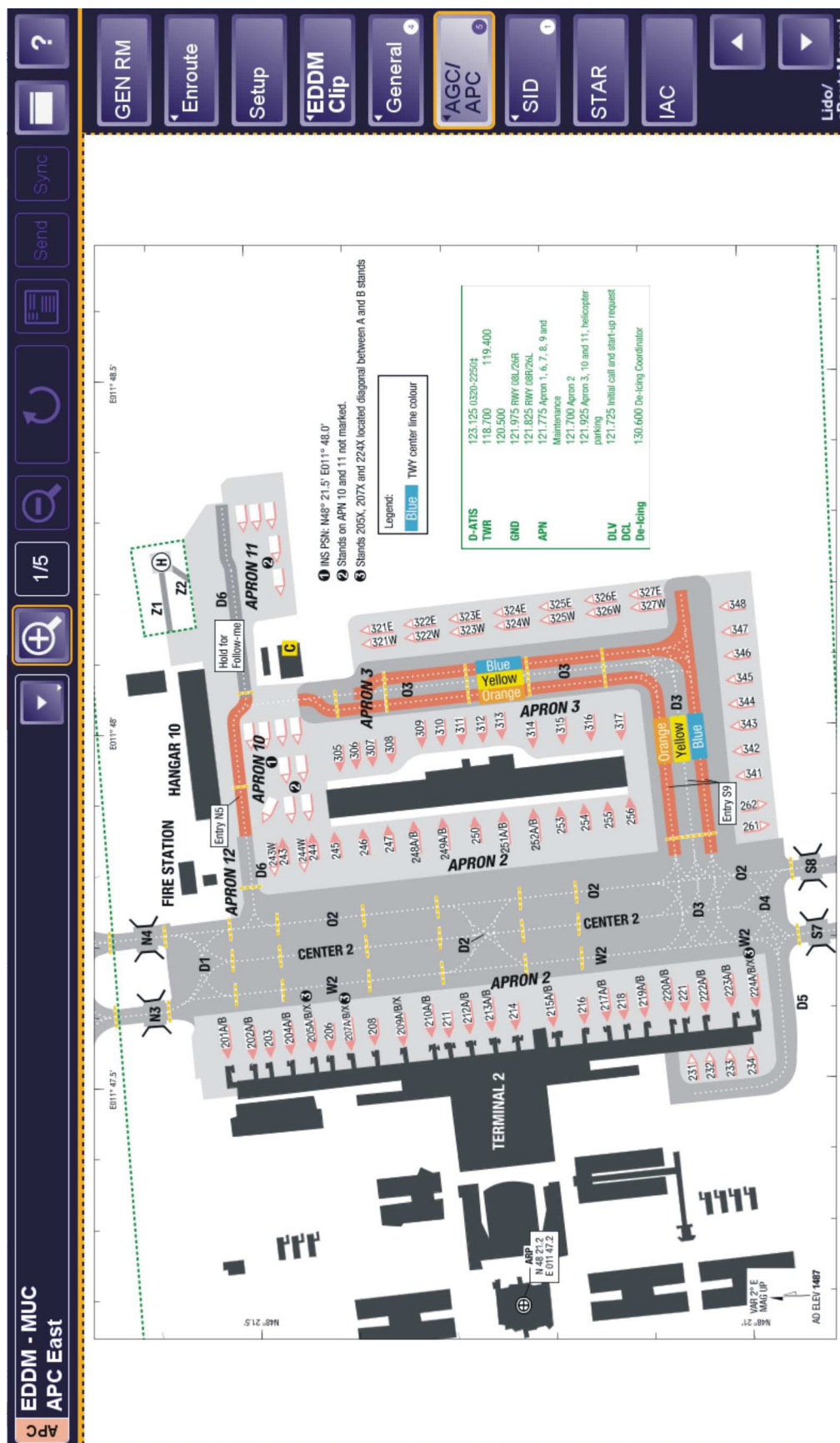


Abb. 5-3 Bildschirmdarstellung der Rollkarte – APC [LIDO eRM, 2012]



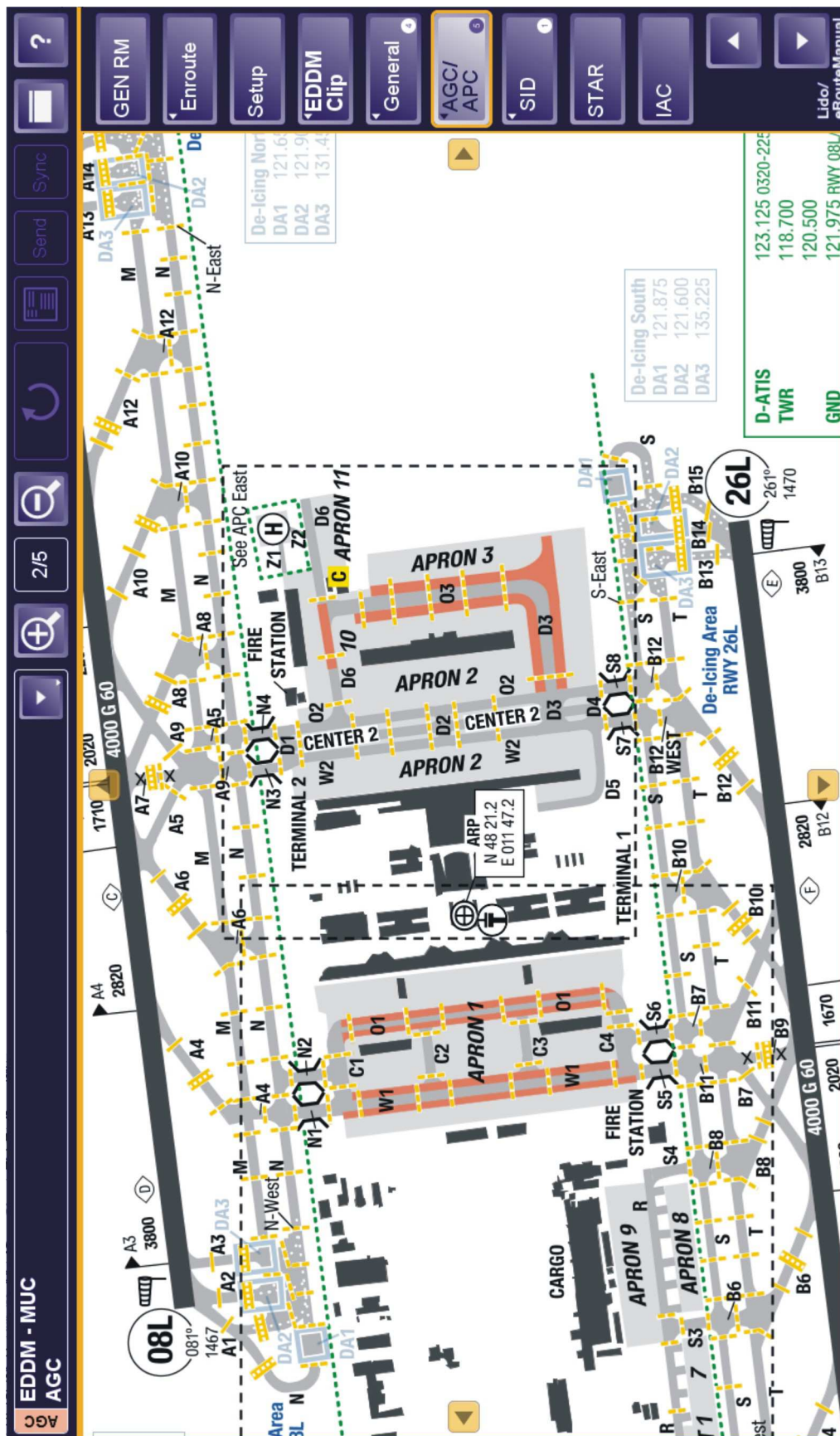


Abb. 5-4 Bildschirmdarstellung der Rollkarte – AGC [LIDO eRM, 2012]





Abb. 5-5 SID-Index für Startbahn 08L mit Nordabflug [LIDO eRM, 2012]

Es besteht auch die Möglichkeit, die Vorauswahl weiterer Routen vorzunehmen, um schnell auf die kurzfristige Änderung der freigegebenen SID reagieren zu können.

Die Überprüfung der korrekten SID geschieht mit dem Index in der Karte links oben – siehe Abbildung 5-6. Hier ist die Bildschirmdarstellung zweigeteilt; oben wird das Verfahren mittels Kartendarstellung beschrieben, unten als Text (procedure text). Man beachte in Abbildung 5-6, dass nur die ausgewählte SID und nur die zugehörige Textbeschreibung angezeigt werden und vergleiche mit den Abbildungen 3-2 und 3-3 auf den Seiten 18 und 19.

Der Zugriff auf die Streckenkarte (Enroute Chart) geschieht über den Druckknopf *Enroute*. Die Gliederung des Untermenüs geht aus Abbildung 5-7, linke Seite hervor. Hier kann die *Enroute Chart* für den unteren oder den oberen Luftraum ausgewählt werden. Es sind verschiedene Interaktionsmöglichkeiten verfügbar. Der angezeigte Kartenausschnitt kann unabhängig von der eingegebenen Flugstrecke beliebig (blattschnittfrei) zwischen Nord- und Südpol verschoben und an diesen rotiert werden.

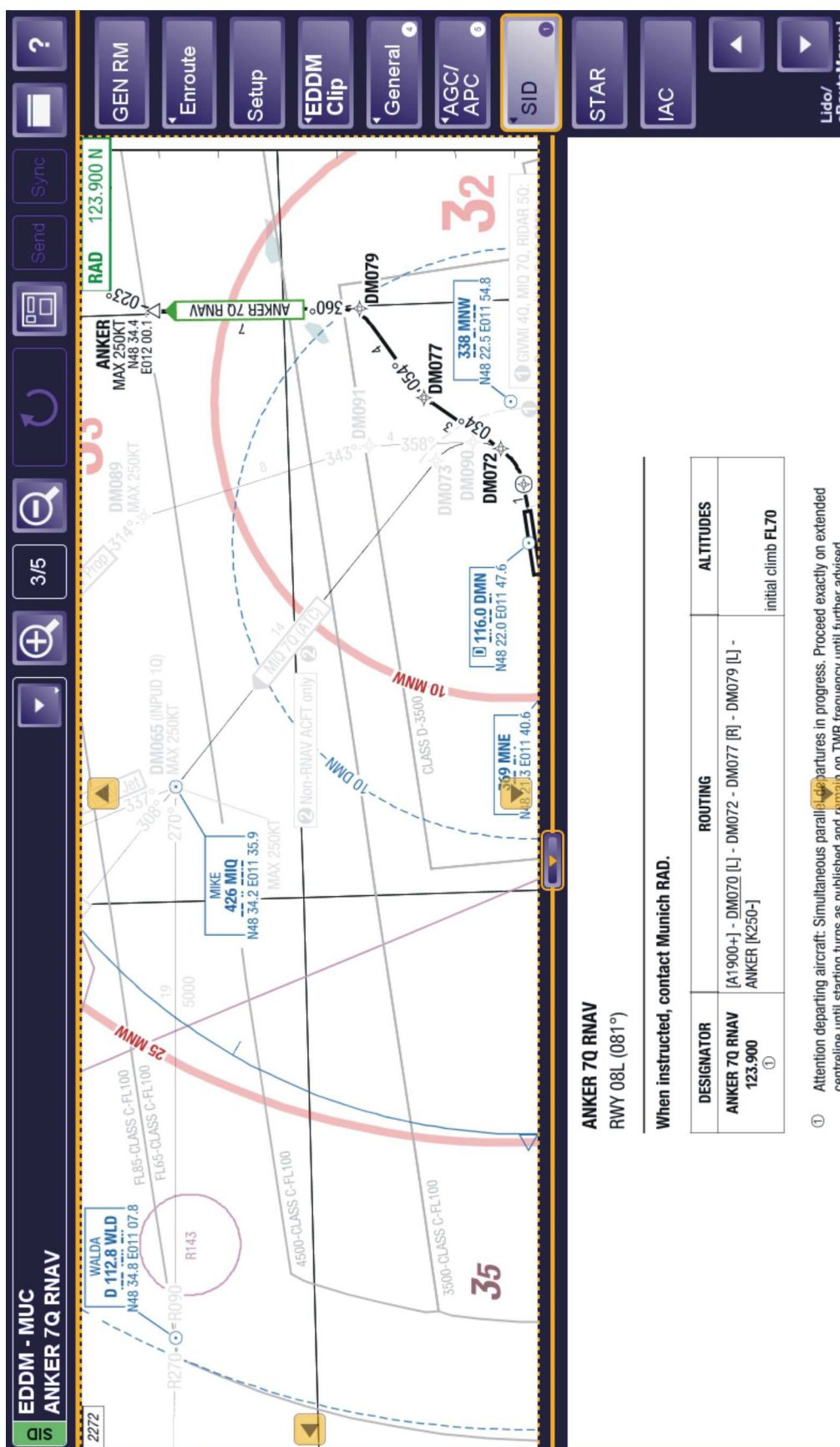


Abb. 5-6 Bildschirmdarstellung der SID [LIDO eRM, 2012]

Ebenso wie bei den Roll-, Ab- und Anflugkarten, kann für die Bildschirmanzeige der Tag- oder Nacht-Modus gewählt werden – siehe Abbildung 5-7, rechte Seite. Start- und Zielflughafen werden gelb dargestellt; die gewählten Ausweichflughäfen sind magenta gefärbt – siehe Abbildung 5-8.

Folgende Interaktionsmöglichkeiten werden hier beschrieben:

- Zoom-Funktion mit automatischer oder manueller Ebenen-Auswahl
- Berechnung des Großkreis-Bogenstücks zwischen zwei Orten
- Markierung des Flugweges
- Suchfunktion für WP, Streckenabschnitte und Flughäfen
- Markierung ausgewählter Gebiete in der Karte
- Informationsfunktion zum Kartenobjekt



Abb. 5-7      Gestaltungsbeispiele für Untermenüs [LIDO eRM, 2012]

Die Zoom-Funktion für die Enroute Chart ist sechsstufig (0 ... 5). Sie wird durch die Druckknöpfe „+“ bzw. „–“ am oberen Rand des Bildschirms gesteuert.

Dort wird auch die aktuelle Zoom-Stufe angezeigt. Im Unterschied zu den Roll-, Ab- und Anflugkarten wird der Karteninhalt entsprechend der jeweiligen Zoom-Stufe verändert. Um eine Überlastung des Kartenbildes zu vermeiden und die Lesbarkeit zu gewährleisten, werden jeder dieser Stufen automatisch definierte Ebenen zugeordnet (Generalisierung). Die diesen Ebenen zugehörigen Kartenobjekte sind die Folgenden:

- Escape Route (Esc RTE) – Ausweich-Route
- Airports (APT) – Flughäfen
- Airways (AWY) – Luftstraßen
- Nav aids (NAV) – Funkfeuer
- Waypoints (WPT) – Wegpunkte
- Special Use Waypoints (SP WPT) – ergänzende Wegpunkte
- Airspace (ASP) bzw. Airspace and Special Used Airspace (ASP SUA) – Luftraumstruktur als FIR-Grenzen in Grün bzw. reservierte Lufträume in Magenta
- Control Area (CTL area) – Kontrollbezirke der Flugsicherung in Grau
- Geographic Information (GEO info) – Meridiane, Breitenkreise und Isogonen sowie die Mindest-Flughöhe für die Planquadrante als große rote Ziffern
- Waypoint Definition Line (WPT DEF) – Definition der Wegpunkte

Die Ebenen werden am rechten unteren Rand als Druckknöpfe dargestellt – siehe Abbildung 5-8. In der Zoom-Stufe 0/5 mit dem kleinsten Maßstab werden die gesamte Erdoberfläche als Weltkarte (Kontinente – weiß, Ozeane – hellblau) und die gewählten Flughäfen dargestellt. Durch Aufziehen eines Fensters kann der geographische Bereich schnell ausgewählt und anschließend vergrößert werden.

Mit Vergrößerung der Zoom-Stufe und damit des Maßstabs werden automatisch weitere Ebenen zugeschaltet – vergleiche die Abbildungen 5-8, 5-9 und 5-10. In der Stufe 5/5 sind alle Ebenen/Kartenobjekte sichtbar. Jedoch können in allen Zoom-Stufen gewünschte Ebenen manuell durch Anklicken des entsprechenden Druckknopfes deaktiviert werden. Die Farbfüllung der Druckknöpfe aktiver Ebenen ist Hellblau, jene automatisch deaktivierter Ebenen ist Weiß.

Bei manuell deaktivierter Ebene wird der Druckknopf rot durchgestrichen. Alternativ zur direkten Nutzung der Druckknöpfe kann das Menü mit dem Symbol „Zahnrad“ in der Werkzeugleiste am oberen Bildschirmrand genutzt werden.

Für beliebige zwei Orte im Kartenausschnitt (Flughäfen oder WP) kann die Länge des Großkreis-Bogenstückes und der mittlere rechtweisende Kurs ermittelt werden.

Dies ist in allen Zoom-Stufen möglich und geschieht durch Anklicken des Symbols „Hand“ in der Werkzeugleiste am oberen Bildschirmrand und im Untermenü des Symbols „Lineal“. Anschließend werden die gewählten Orte angeklickt; in der Karte werden diese dann mit einem roten Fadenkreuz überlagert – siehe Abbildung 5-8. Die Richtungsangabe gilt bezüglich dem zuerst angeklickten Ort hin zum danach angeklickten Ort – im Beispiel von München nach Dresden.

Sofern im Menü *Route Entry*, wie oben beschrieben, die geplante Flugstrecke eingegeben wurde, kann die Markierung des Flugweges in der Karte aktiviert werden.

Die Suchfunktion für WP, Streckenabschnitte und Flughäfen wird mit *Find* im Enroute-Untermenü realisiert. Durch Eingabe der alphanumerischen Zeichen, Auswahl der Art des Objekts und Anklicken des Häkchens wird die Bildschirmdarstellung ausgelöst. Dabei wird das Objekt auf dem Bildschirm zentriert mit einem gelben Kreuz überlagert – siehe Abbildung 5-10. In diesem Beispiel wurde der WP ABKIS gewählt.

Die Markierung von Gebieten in der Karte denen ausgewichen werden soll, ist über das Menü *Esc RTE* und das Untermenü *Add SIGMET* möglich. Dies kann wetterbedingt für Bereiche mit starker Gewitteraktivität, Vereisung oder Turbulenz, aber auch wegen der Vorhersage von Vulkan-Aschewolken erforderlich werden. Durch Eingabe der geographischen Koordinaten der Eckpunkte des zu vermeidenden Bereichs (gemäß SIGMET), Wahl der Farbe Rot, Gelb oder Grün für die Darstellung und der Benennung mit einem Namen aus höchstens 10 Buchstaben wird das Gebiet als Polygon in der Bildschirmdarstellung sichtbar gemacht.

Durch Anklicken eines individuellen Kartenobjektes, wird durch das Öffnen eines Fensters die für das Objekt verfügbare Information sichtbar. Dies können z.B. NOTAM-Informationen sein.



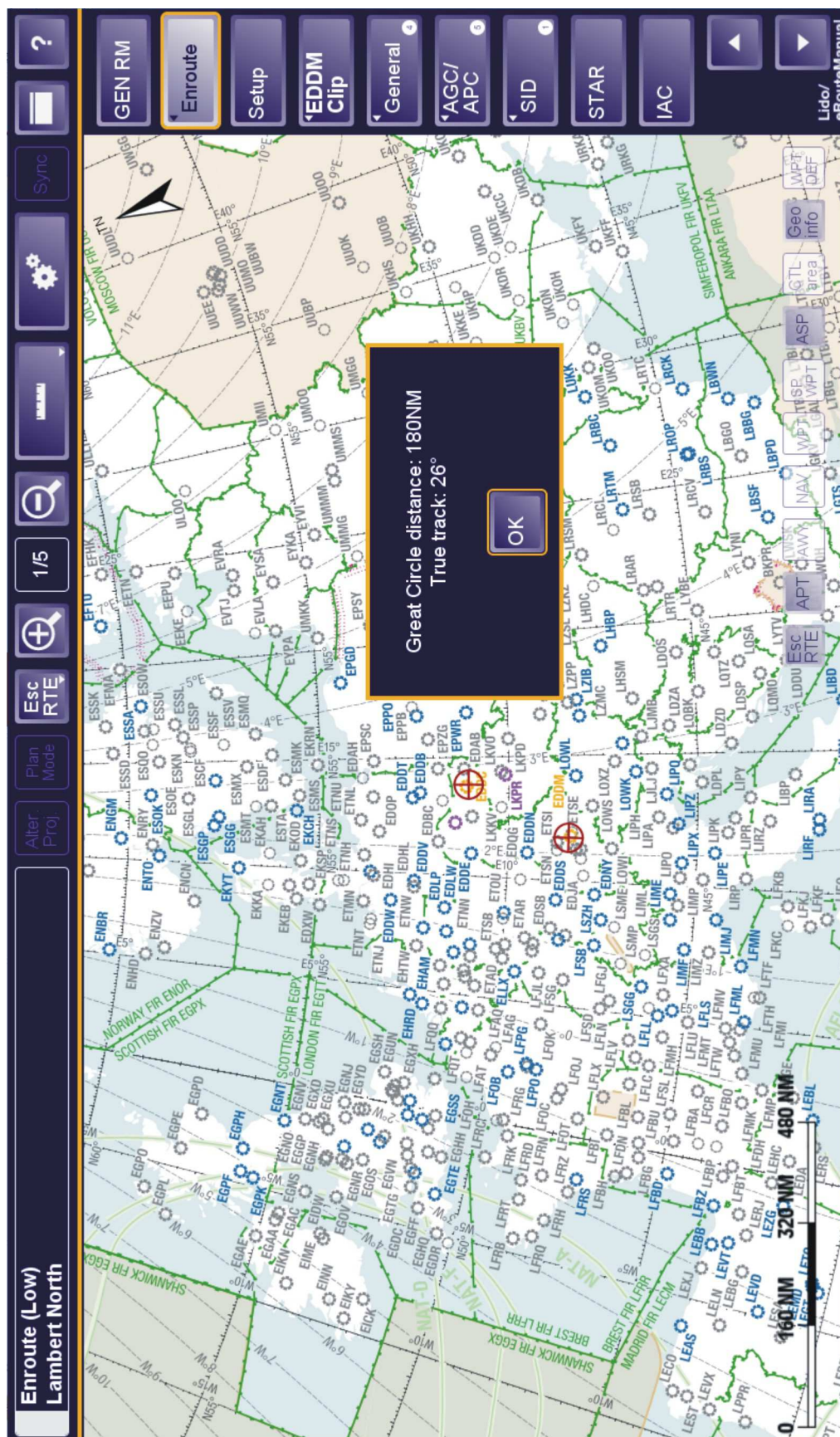
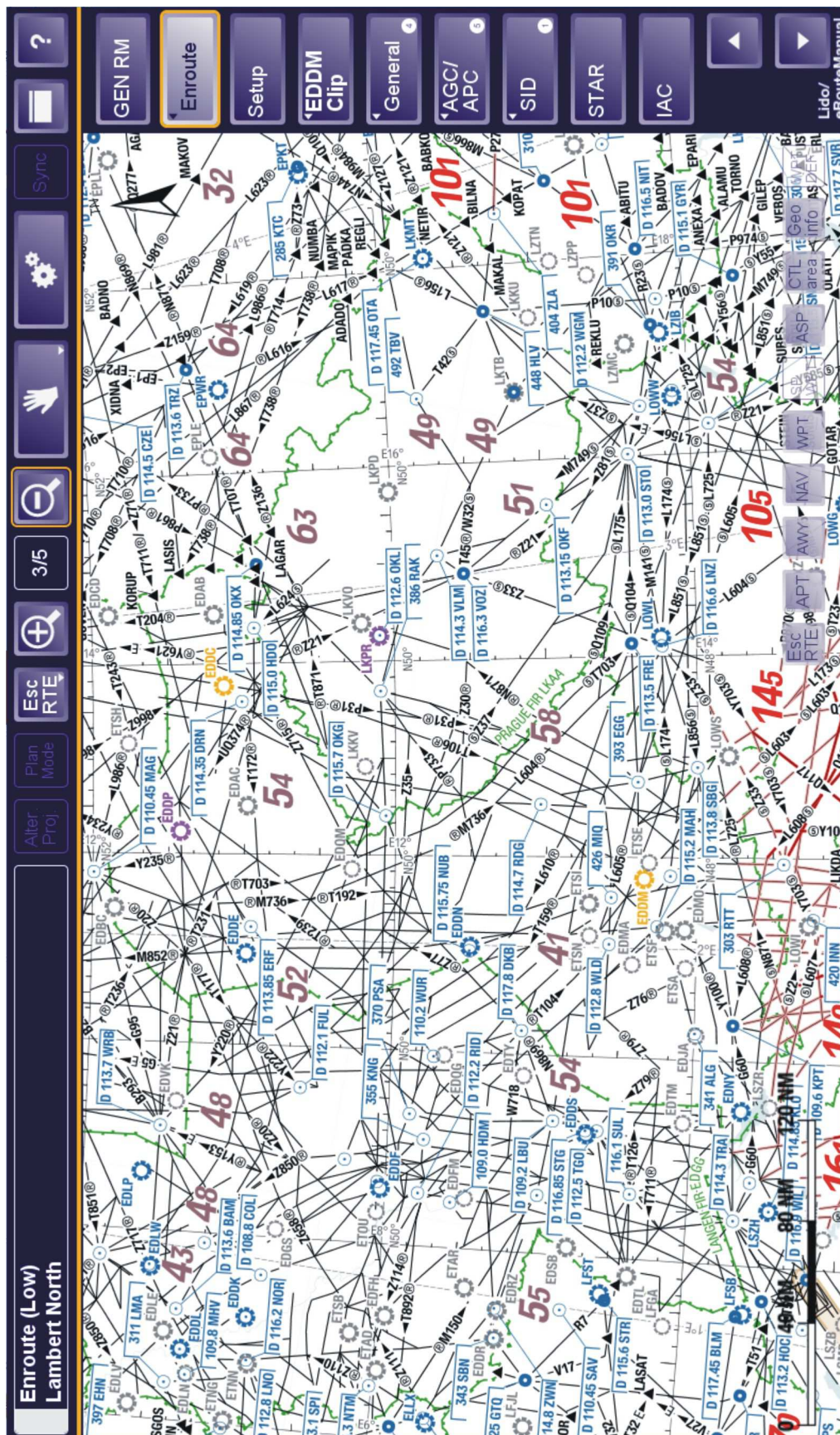


Abb. 5-8 Enroute Chart – unterer Luftraum mit Zoom 1/5 [LIDO eRM, 2012]



Abb. 5-9 Enroute Chart – unterer Luftraum mit Zoom 3/5 [LIDO eRM, 2012]





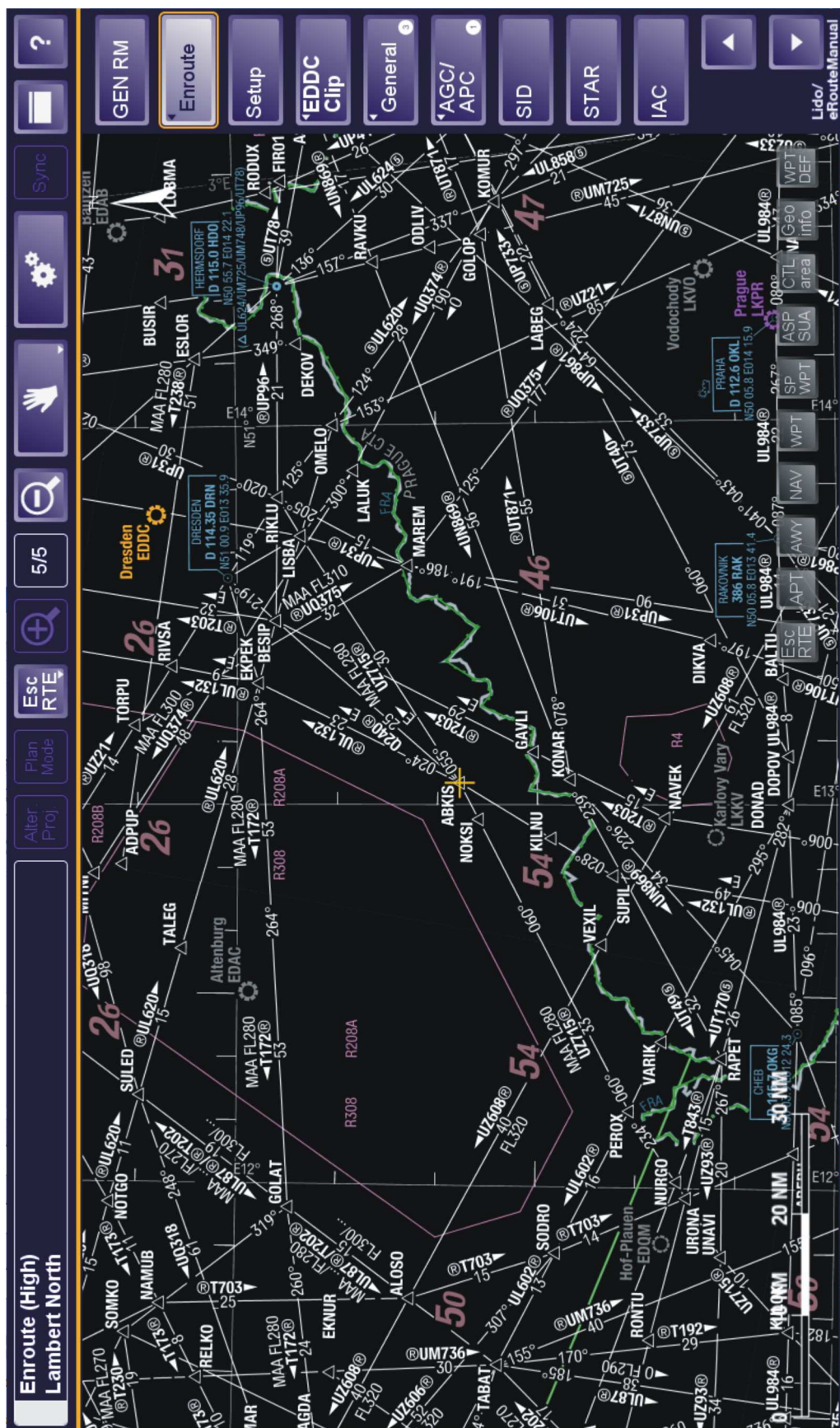


Abb. 5-10 Enroute Chart – oberer Luftraum im Nachtmodus [LIDO eRM, 2012]

Ab 40° geographischer Breite – polwärts wechselt der Kartennetzentwurf von Mercator- zu Lambert-Projektion; ab 60° Breite – polwärts erfolgt der Wechsel von Lambert-Projektion zu Azimutal-Projektion. In der Streckenkarte werden für die polaren Gebiete die Bereiche in Magenta markiert, in denen die Anzeige des Magnetkompasses aufgrund der starken Inklination der Magnetfeldlinien nicht mehr für die Kursbestimmung verwendbar ist.

Die Auswahl der STAR geschieht über das Menü *STAR*. Ähnlich wie für SID, kann die Gesamtheit der möglichen Anflugrouten im Untermenü *STAR Index* durch Wahl der Anflugrichtung, der Landebahn oder deren Kombination eingeschränkt werden. Auch können mehrere Anflugrouten als Vorauswahl gewählt werden. Sobald die Anflugroute durch Freigabe von ATC konkretisiert wird, können die restlichen Routen mit dem Symbol „Papierkorb“ gelöscht werden und es wird die verbleibende STAR, im Beispiel OSKAN 3A für die Landebahn 22 durch Anklicken aktiviert – siehe Abbildung 5-11. Deren Darstellung erfolgt separat – vergleiche mit Abbildung 3-7 auf Seite 25.

Zur Bildschirmdarstellung des Instrumentenanfluges als finale Flugphase wird das Menü *IAC* geöffnet – siehe Abbildung 5-12. Dort wird im Untermenü *IAC Index* die Landebahn und die beabsichtigte Art des Instrumentenanfluges selektiert. So wie bei analogen Karten, kann dort oft zwischen verschiedenen Präzisions- und Nichtpräzisionsanflügen gewählt werden. Mit einem Doppelklick auf das Häkchen rechts unten wird die Anflugkarte zur Anzeige gebracht. Die korrekte Karte wird am Index links oben verifiziert; dann werden die Eckwerte für den Anflug – z.B. Frequenzen und Minima, wie in Kapitel 3 beschrieben – abgelesen.

Bei diesem Beispiel existiert als Alternative zur STAR eine *RNAV-Transition*. Man beachte, dass diese in der IAC mit dargestellt wird. Dadurch wird die Komplexität der Karte erhöht. Durch die Unterteilung der IAC in drei einzelne SVG-Dateien (Planview, Vertical Profile, Minima) wird jedoch die Zoom-Funktion unterstützt und gemäß der Priorität können die einzelnen Bereiche verschoben werden.

Nach der Landung wird die Rollkarte benötigt – siehe Abbildung 5-13. Sie wird über *AGC/APC* aktiviert. Das Beispiel kombiniert die Gesamtdarstellung des Flughafens (AGC) und die Wiedergabe des Vorfeldes (APC) in größerem Maßstab als Nebenkarte.

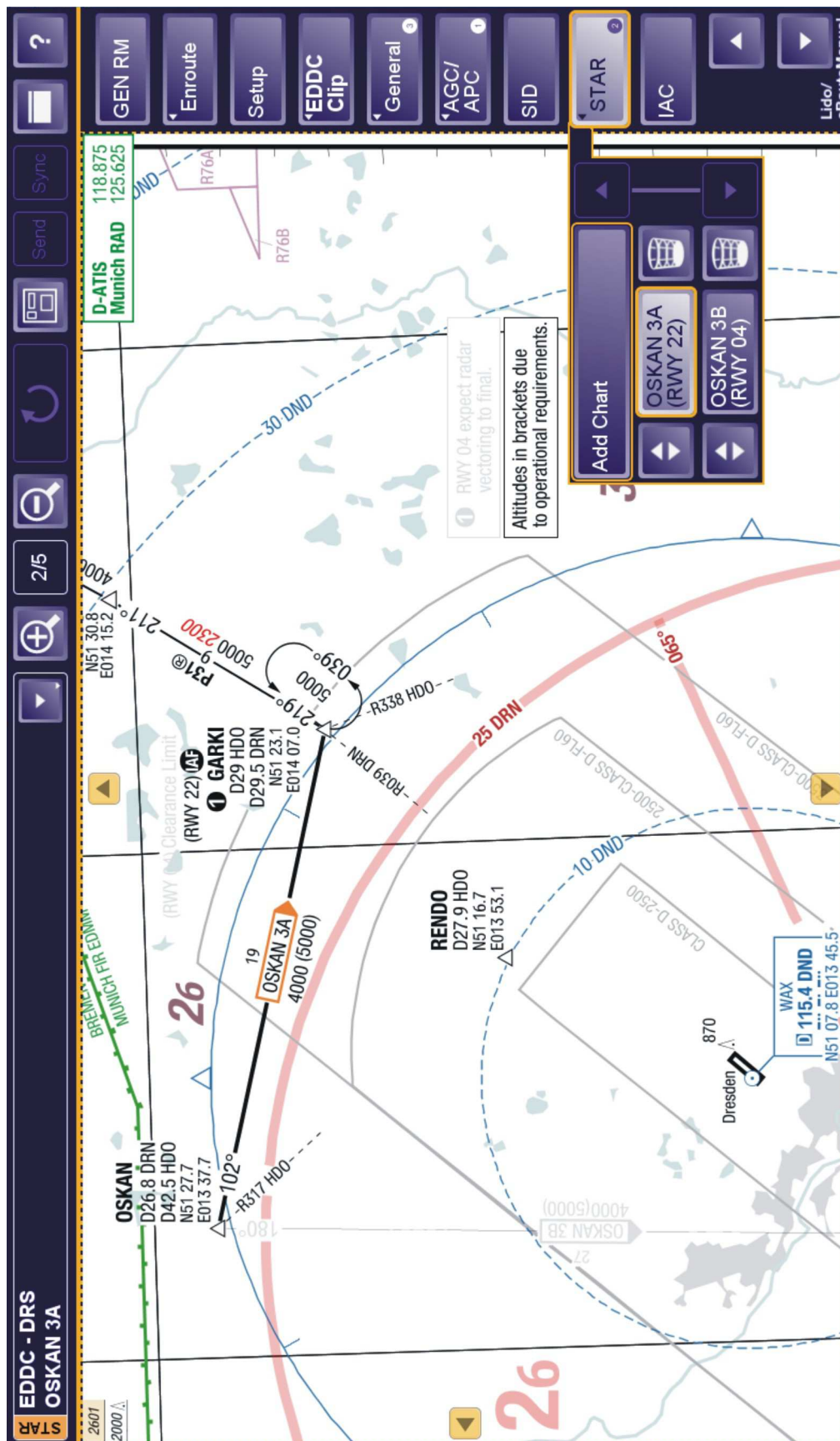
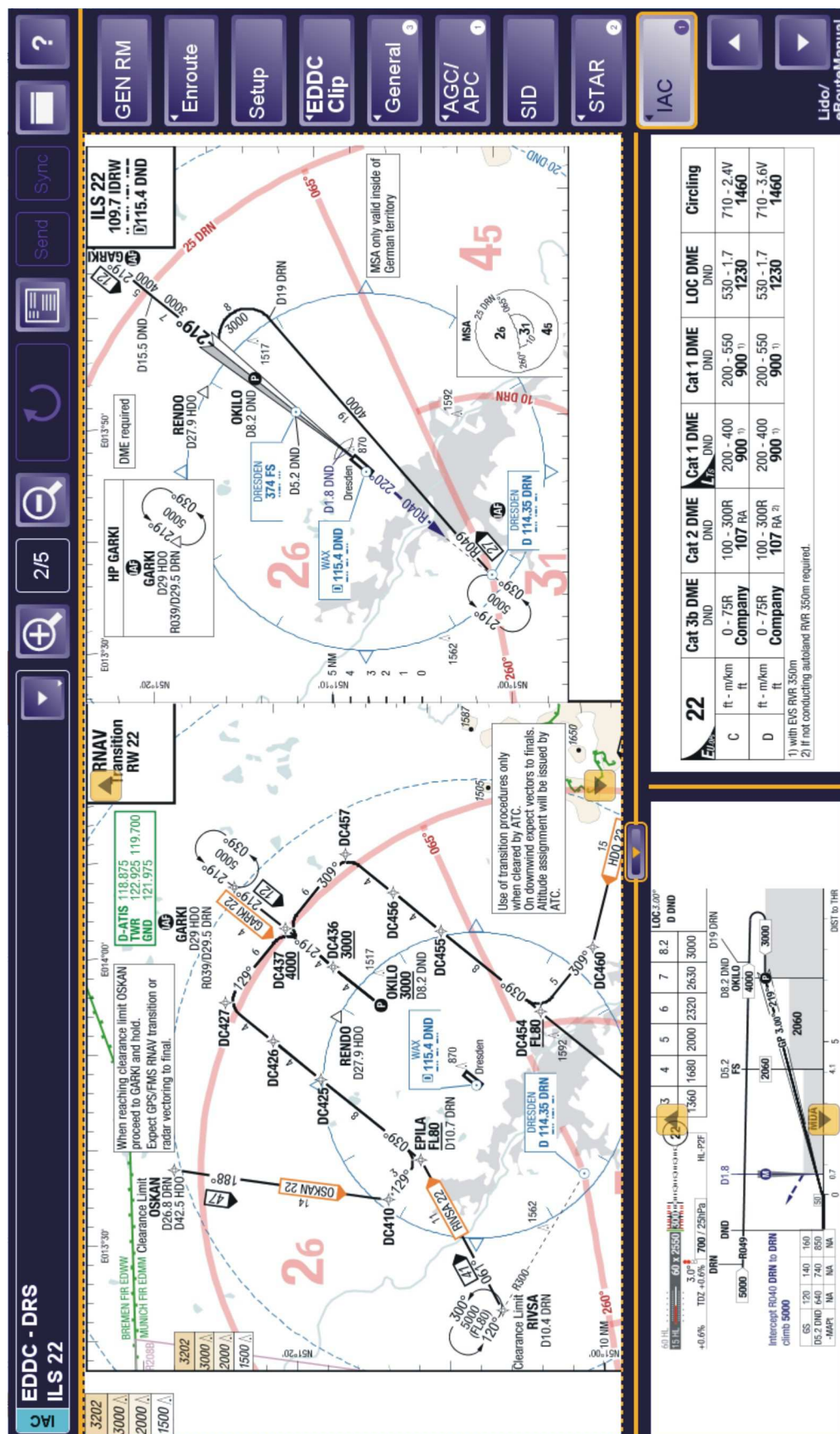


Abb. 5-11 Bildschirmdarstellung der STAR [LIDO eRM, 2012]





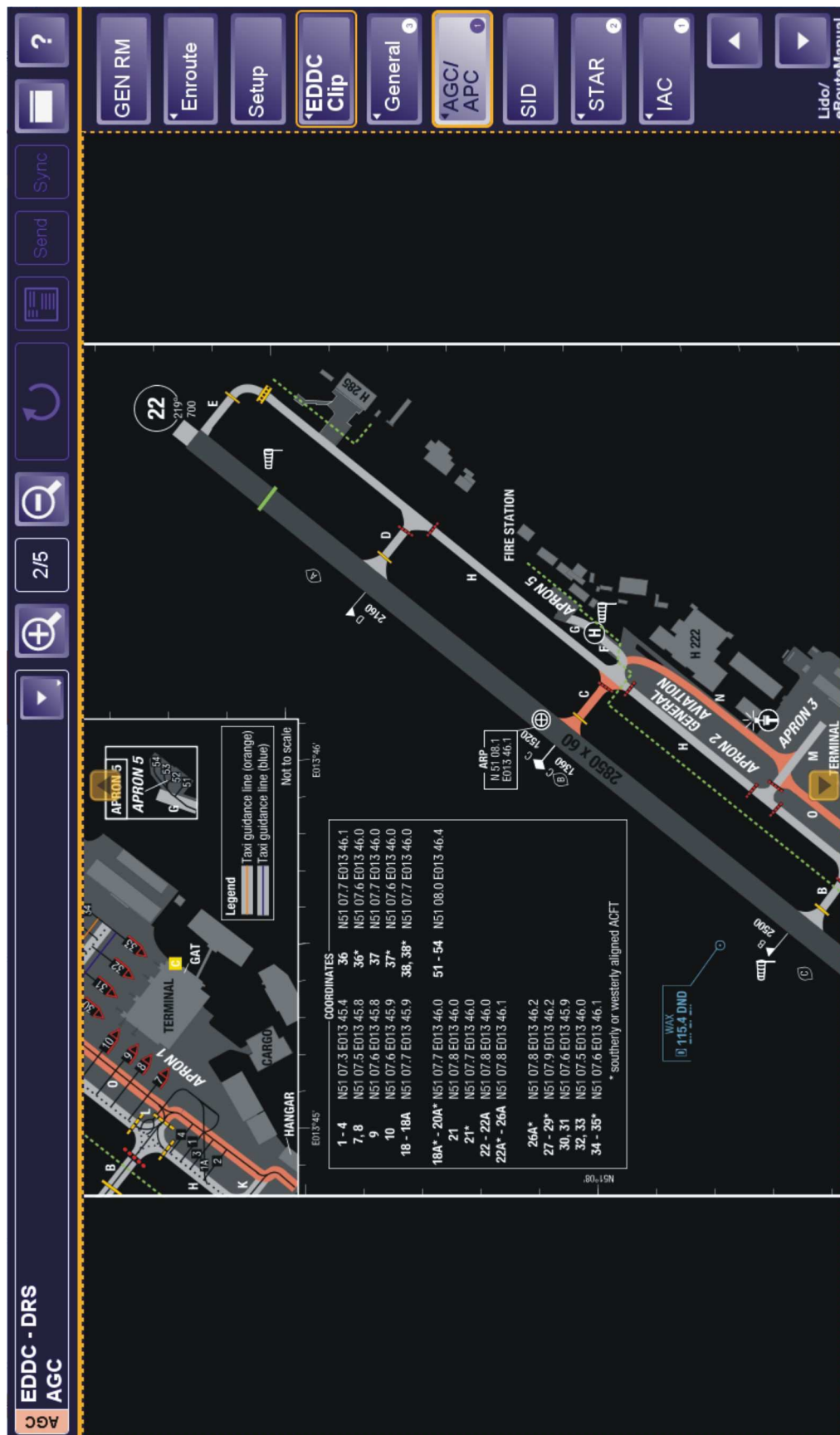


Abb. 5-13 Bildschirmdarstellung der AGC/APC im Nachtmodus [LIDO eRM, 2012]

Der gewählte Zoom (2/5) und der fokussierte Kartenausschnitt sind beispielhaft für ein Verlassen der Landebahn über Rollweg B und die Parkposition 10 eingestellt. Wenn diese erreicht ist, wird die Anwendung beendet und über die *Setup-Page* durch Anklicken des Druckknopfes rechts oben mit dem Symbol „x“ verlassen.

Im Lido eRouteManual werden Änderungen entsprechend dem Revisionsstand nicht gesondert graphisch gestaltet. Eine Ausnahme bilden die im Kapitel 4 angeführten, den Textänderungen zugeordneten senkrechten schwarzen Balken. Jedoch werden im Menü *GEN RM* aktuelle Änderungen aufgrund von NOTAM als sogenannte *Revision Highlights* in Tabellenform präsentiert.

Durch Anklicken des Druckknopfes mit dem Symbol „Bildschirm“ – in der Werkzeugleiste rechts oben – kann zur Vergrößerung des dargestellten Kartenausschnittes die rechte Menüleiste ausgeblendet werden. Darüber hinausgehende Adaptionsmöglichkeiten auf individuelle Bedürfnisse des Nutzers, welche die beschriebenen Funktionalitäten erweitern, bestehen momentan nicht.

Die Auswahl der Karten geschieht in der Anwendung des Lido eRouteManual manuell durch den Nutzer entsprechend der Flugphase. Außer der beschriebenen exklusiven Darstellung der gewählten SID/STAR und der automatischen Anpassung der dargestellten Ebenen der Streckenkarte, abhängig von der Zoom-Stufe, erfolgt keine Anpassung der Bildschirmdarstellung an Kontextfaktoren.

### 5.2 Mögliche Erweiterungen

Sofern eine Schnittstelle des EFB zum integrierten Navigationssystem besteht, kann das Luftfahrzeug als Symbol in einer dynamischen (data-driven) Karte dargestellt werden. Als Echtzeitanzeige der eigenen Position in der Rollkarte (AMMD) erleichtert diese die Orientierung auf komplexen Flughäfen und unterstützt das Situationsbewusstsein (situational awareness) des Piloten, insbesondere bei Annäherung an aktive Start- und Landebahnen. In der Streckenkarte (ggf. in Ab- und Anflugkarten) könnte die Darstellung des Luftfahrzeugsymbols mit einem Fehlerkreis um dieses Symbol kombiniert werden.

Nach Zertifizierung wäre diese zur Zeit nur national anwendbar [LIDO, 2012].

Dadurch könnte sowohl die Sensibilisierung des Piloten für die Leistungsgrenzen des Navigationssystems (Kreisfläche als Menge der möglichen Positionen) als auch die Überwachung der Navigationsgenauigkeit, gemäß dem für den Streckenabschnitt geforderten RNP-Wert, unterstützt werden [YEH, 2004].

Der RNP-Wert ist der Fehlerkreisradius, der für 95% der Flugzeit gilt, in der mit einem bestimmten System navigiert wird. RNP1 entspricht einer Kursgenauigkeit von 1,0 NM. 95% werden der doppelten Standardabweichung ( $2\sigma$ ) als Genauigkeitsmaß zugeordnet – siehe [RICHTER, 2009]. Würde der auf dem Streckenabschnitt geforderte RNP-Wert als Parameter mit der Objektklasse in der Datenbank verknüpft, könnte eine Anpassung der Bildschirmdarstellung an Kontextfaktoren – in diesem Fall als Radius des Fehlerkreises um die errechnete Position – realisiert werden.

Eine Gesamtkarte mit automatisch der Flugphase angepasstem Inhalt ist datentechnisch aufwendig aber möglich und in Vorbereitung [LIDO, 2012].

Zur Gestaltung der Menü-Struktur als graphische Nutzerschnittstelle soll hier auf [SHNEIDERMAN, 1996] verwiesen werden. Auf dem Weg Überblick – Detail wird das sogenannte *Visual Information-Seeking Mantra* postuliert: Overview first, zoom and filter, then details-on-demand. Dafür werden sieben Datentypen unterschieden: ein-, zwei-, dreidimensional, temporal, multidimensional, hierarchische Baumstruktur und Netzwerkstruktur. Flugbetrieblich sind die eindimensionalen Daten (z.B. Textinformationen wie NOTAM) und die zweidimensionalen Typen (z.B. Karten und Pläne) relevant. Die fünf Weiteren sind – teilweise kombiniert – erforderlich, um unstrukturierte Daten/Informationen zu analysieren. Dem Piloten angebotene Informationen sind jedoch in der Regel wohlstrukturiert. Bereits realisierte graphische Nutzerschnittstellen des EFB sind prinzipiell für ein Vorgehen Überblick – Detail gestaltet, so dass eine genauere Behandlung der Anwendungsmöglichkeiten des Mantras für die gegebene Aufgabenstellung als nicht sinnvoll erscheint.

Die in [ELLSIEPEN, 2005] untersuchten erweiterten Möglichkeiten von Bildschirmkarten z.B. Vernetzung mit Fachinformationssystemen oder Zugriff auf GIS über Internet haben ihren Mehrwert in der Datenexploration und dem Erkenntnisgewinn über Geoobjekte. Flugbetrieblich ist die Karte jedoch in standardisierte Abläufe und ein flugsicherheitsorientiertes Umfeld eingebunden. Eine Erweiterung der Funktionalitäten digitaler Luftfahrtkarten ist daher jeweils sorgfältig zu überlegen.



## **6 Vergleich und Synthese**

Die Einführung von EFB und insbesondere digitaler Luftfahrtkarten bedeutet den Übergang von Arbeitsprozessen bei der Flugdurchführung, die bisher von Papier als Informationsträger geprägt waren, hin zu elektronischen/digitalen Arbeitsbehelfen (papierloses Cockpit).

Dies resultiert in betrieblichen Änderungen. Innovationen in Verfahren und Technologie erfordern eine sorgsame Betrachtung der Chancen und Risiken, die eine Herausforderung für Entwickler und Hersteller sein kann. Im Vordergrund steht dabei die Forderung nach Arbeitserleichterung durch das neue System und eine nutzerfreundliche Bedienbarkeit. Die Arbeitsbelastung des Nutzers darf nicht steigen, wo bisher die Arbeitsabläufe mit Papier schneller waren [CAHILL & MC DONALD, 2006].

Im Folgenden werden aus den vorangegangenen Kapiteln die Vorteile und Chancen sowie die Nachteile und Risiken abgeleitet, die sich mit der neuen Technologie ergeben. Zusammenfassend sollen Konsequenzen für deren Gestaltung und Nutzung aufgezeigt werden.

### **6.1 Vorteile digitaler Luftfahrtkarten**

Die Baumstruktur der Menüführung des eRouteManual führt zu einer Reduktion der Verwechslungsmöglichkeiten bei der Auswahl der Startbahn/Abflugroute bzw. der Landebahn/Anflugroute (SID bzw. STAR/RNAV-Transition). Sie ist im Wesentlichen konsistent zu den Menüs für die Routenauswahl im Flight Management System (FMS). Durch die separate Einzeldarstellung von SID und STAR und deren Textbeschreibung wird die Karte entlastet und die Möglichkeit einer Fehlablesung stark verringert. Jedoch muss der Pilot immer sicherstellen (cross-check), dass tatsächlich die von der Flugsicherung (ATC) freigegebene Route aktiviert wurde. Dies ist insbesondere bei kurzfristigen, von der Planung abweichenden Neufreigaben und damit Änderung der Ab- oder Anflugroute zu beachten.

Die Suche in den Ordnern sowie das Aus- und Einsortieren der benötigten Karten entfallen. Digitale Karten können für die interessierenden Flughäfen vorselektiert werden. Der anschließende Zeitaufwand für das Finden der benötigten Karte ist, besonders nach kurzfristiger Freigabeänderung, sehr gering.

Die blattschnittfreie Streckenkarte macht den Wechsel von Kartenblättern unnötig. Sie ist genordet – im Gegensatz zu den verkehrsstromgerecht orientierten Papier-Streckenkarten. Durch die Blattschnittfreiheit wird der ständige Gebrauch der Streckenkarte während des Reisefluges gefördert.

Sie bietet verschiedene Interaktionsmöglichkeiten. Die Such-Funktion ermöglicht das schnelle Finden unbekannter Wegpunkte, Luftstraßen oder Flugplätze. Die Zoom-Funktion entspricht dem grundsätzlichen Vorgehen bei der Informationssuche – vom Überblick zum Detail. Mit der Mess-Funktion kann leicht die mittlere Richtung und Entfernung auf dem Großkreisbogen zwischen zwei beliebigen Orten bestimmt werden. Durch die farbliche Hervorhebung von Start-, Ziel- und Ausweichflughäfen und die Möglichkeit, die Flugroute oder auch Gefahrengebiete farblich hervorzuheben, wird das Situationsbewusstsein des Piloten gefördert. Dies gilt insbesondere für die Echtzeitdarstellung der eigenen Position in dynamischen (data-driven) Roll- und Streckenkarten (hier Zertifizierung durch Zulassungsbehörde erforderlich).

Für diskrete Kartenobjekte können durch Anklicken des Objektes zusätzliche Informationen über dieses zur Darstellung gebracht werden. Parallel jederzeit verfügbar sind die Textinformationen des Allgemeinen Teils (GEN) des RouteManual – z.B. Änderungen zu Verfahren (NOTAM), Codes und Abkürzungen.

Die digitalen Karten als skalierbare Vektorgraphik (SVG-Format) bieten den Vorteil, dass in unterschiedlichen Zoom-Stufen bzw. Maßstäben die Symbole immer ihrer Minstdarstellungsgröße entsprechend gleichgroß wiedergegeben werden können. Die dateneffiziente Vektorgraphik und ein leistungsfähiger Prozessor ermöglichen schnelle Wechsel zwischen den Menüs und eine kurze Ladezeit der Karten.

Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten der Bildschirmdarstellung und eine automatische situations- bzw. kontextbezogene Anpassung bestehen gegenwärtig nicht, sind jedoch in Vorbereitung [LIDO, 2012].

Der manuelle Revisionsdienst für die Papierkarten-Ordner wird ersetzt durch das Update der Daten bei Dienstbeginn.

Für Electronic Flight Bag (EFB) gilt allgemein: Gewichtseinsparung. Durch den Wegfall der Papierdokumente werden auf dem Flugzeugtyp Boeing 777-300 netto etwa 40 kg pro Mission an Masse eingespart [MECHAM, 2002].

Bei der durch EFB verfügbaren Berechnung der Flugleistung ergeben sich durch die exakten Werte (im Gegensatz zur traditionellen Interpolation mit Tabellen und Graphen in den Handbüchern) eine bessere Bestimmung und Ausschöpfung der möglichen Nutzlast. Jedoch sind diese Werte immer zu überprüfen!

### **6.2 Probleme bei der Nutzung digitaler Luftfahrtkarten**

Aufgrund der Besonderheiten der Bildschirmdarstellung wurde die Anpassung bestehender Symbole und Signaturen bzw. deren Neuentwicklung notwendig. Auch verwenden unterschiedliche Kartenhersteller jeweils eigene Signaturen. Dadurch ist eine Inkonsistenz der Darstellung bestimmter Objekte in Luftfahrtkarten entstanden. Eine in [CHANDRA et al., 2007; CHANDRA & YEH, 2007] beschriebene Untersuchung fand als statistische Erhebung mit einer Gruppe von 96 Piloten mit unterschiedlicher Flugerfahrung statt. In einem Fragebogen präsentierte Symbole wurden hier zum Teil falsch interpretiert oder konnten gar nicht zugeordnet werden.

Zu berücksichtigen ist, dass Gestaltung und Symbole der Luftfahrtkarten das Ergebnis eines Entwicklungsprozesses sind, der mehrere Jahrzehnte gedauert hat. Bewährte Signaturen, die sich durch eine hohe Autoplausibilität auszeichnen, bewirken eine nur bedingte Akzeptanz für Änderungen seitens der Nutzer [CHANDRA & YEH, 2007; KUSE, 2009].

Die flugbetriebliche Erfahrung zeigt, dass Flugschüler durch die während der Ausbildung erstmals präsentierten Symbole besonders nachhaltig geprägt werden.

Um Verwechslungen oder Fehlinterpretationen, insbesondere bei Wechsel zwischen analoger und digitaler Karte oder zwischen verschiedenen Bildschirmdarstellungen, zu vermeiden, wird in [CHANDRA et al., 2007] die Einführung eines internationalen Industriestandards [SAE, 2011] mit größerer Verbindlichkeit als bei den ICAO-Richtlinien und Empfehlungen (SARPs) vorgeschlagen.

Fallbezogen ist die Erweiterung des Zeichensystems in digitalen Luftfahrtkarten sorgfältig zu überlegen. Jedoch sinkt das Risiko von Fehlinterpretationen mit der Häufigkeit der Nutzung. Die in den Airline-Cockpits verwendeten EFBs sind innerhalb der Unternehmen jeweils einheitlich.

Digitale Luftfahrtkarten benötigen eine Energieversorgung. Der für den Betrieb des Workpad und des Bildschirms benötigte Gleichstrom mit der Spannung von 28 V wird für jedes EFB aus einer separaten unabhängigen Gleichstromschiene des Bordstromnetzes geliefert. Für den unwahrscheinlichen Fall des parallelen Versagens dieser Schienen ist als Redundanz optional die Reservestromversorgung durch Akkumulatoren möglich. In der Vergangenheit gab es dabei mit Lithium-Ionen-Akkus Zwischenfälle (Brandgefahr).

Für EFB gilt allgemein: Eine gleichzeitige, zur Luftfahrtkarte parallele Verwendung/Darstellung von Dokumenten z.B. Checklisten kann, insbesondere in dynamischen Situationen wie Notfällen, die durch Arbeit unter Zeitdruck gekennzeichnet sind, problematisch sein. In solchen Situationen gewährleistet die konsequente Einhaltung der Aufgabenverteilung in einem Zwei-Personen-Cockpit – *Pilot flying* mit Bildschirmdarstellung der Flugkarten, *Pilot monitoring* mit Bildschirmdarstellung der Checkliste – einen sicherheitsmäßig akzeptablen und praktikablen Einsatz von EFB.

Die Auswertung von 67 Vorkommnissen und sicherheitsrelevanten Berichten (Zeitraum von 1995 bis 2009) bezüglich der Nutzung von EFB ergibt als Problemfeld die Zuverlässigkeit von Flugleistungsberechnungen (ca. 45% der Fälle). Etwa gleich häufig sind Ereignisse im Zusammenhang mit digitalen Karten (ca. 48%). Sie umfassen den Zugriff auf und die Verfügbarkeit von Karten sowie falsche Kurs-, Höhen- und Geschwindigkeitsangaben. Als unpraktikabel wird auch die kombinierte Anwendung der Pan- und Zoom-Funktion beschrieben [CHANDRA & KENDRA, 2010].

Die Bewertung sollte jeweils die Reife des Systems und der Nutzer berücksichtigen. Es gelten folgende JAA-Empfehlungen zur Einführung von EFB [JAA, 2006]:

- Einführung standardisierter Betriebsverfahren (SOP) für die Nutzung von EFB
- Sicherstellung der Redundanz für die EFB-Funktion nach dem Grundsatz, in der Navigation immer mindestens zwei voneinander unabhängige Systeme zu nutzen

Die Anzeigen des *Primary Flight Display* und des *Navigation Display* (PFD, ND) haben, abhängig vom Luftfahrzeugtyp, einen unterschiedlichen Grad der Integration und Informationsgehalt. Sie bieten jedoch bisher keine Kartendarstellung. Die navigatorischen Informationen werden durch Steuerungsgrößen z.B. Kurse präsentiert.

Wenn auch die vollintegrierte Präsentation digitaler Luftfahrtkarten auf dem ND demnächst technisch möglich wird, so muss der damit einhergehende Wegfall redundanter Informationen durch Steuerungsgrößen als problematisch angesehen werden. Zu untersuchen wäre die Auswirkung einer solchen in die Fluginstrumente integrierten Kartendarstellung auf das bisher notwendige räumliche Orientierungsvermögen des Piloten.

### 6.3 Tendenzen und Schlussfolgerungen

Abschließend sollen tendenzielle Unterschiede bei der Kartennutzung aufgezeigt werden. Was bleibt? Was fällt weg? Was kommt hinzu?

Im Wesentlichen unverändert bleibt die Gestaltung der Karten und Symbole. Vertraute Signaturen bewirken einen hohen Grad der Gewöhnung beim Nutzer. Durch die vorausschauende konsistente Gestaltung der analogen und digitalen Karten (Lido) wurde eine als problematisch zu betrachtende Umgewöhnung der Nutzer vermieden. Unverändert sinnvoll ist die Anpassung des Karteninhalts an die Flugphasen. Auch gilt eine unveränderte Sorgfaltspflicht bei der Kartennutzung. Der gegenseitige Vergleich (cross-check) des Kartenindex und des Revisionsstandes vermeidet Missverständnisse und ist flugsicherheitsrelevant.

Weggefallen ist die zeitaufwendige Suche einer bestimmten Karte aus der Gesamtheit der Karten bei komplexen Flughäfen. Ebenso weggefallen sind der manuelle Revisionsaufwand und die im Nav-Kit mitzuführenden Papiermengen.

Hinzu kommt der durch die beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten digitaler Karten gewonnene Mehrwert. Auch ist eine bessere Detailinformation zu einzelnen Objekten durch zugeordnete Textinformation möglich, die graphisch bisher nicht geleistet werden konnte. Durch Vergleich der Kriterien in Tabelle 6-1 sollen die Möglichkeiten der Luftfahrtkarten übersichtlich verdeutlicht werden.

Tab. 6-1 Vergleich der Möglichkeiten analoger und digitaler Luftfahrtkarten

<b>Kriterium</b>	<b>analoge Luftfahrtkarte</b>	<b>digitale Luftfahrtkarte (EFB)</b>
Aktualität der Karteninformationen	14-tägig manuell revidiert	14-tägig automatisch aktualisiert
automatische Anpassung an Kontext	keine	sehr beschränkt (in Streckenkarte Anzeige der Kartenobjekte entsprechend Zoom)
Anpassung an Umgebungshelligkeit	keine	Tag-/Nacht-Modus (manuell wählbar)
Blattschnittfreiheit der Streckenkarte	keine, daher verkehrstromgerecht orientierte Einzelblätter	ja, genordnete weltweite Gesamtausgabe
individuelle Gestaltung	keine	sehr beschränkt
Interaktionsmöglichkeiten	keine	Markierung von Kartenobjekten, Mess-Funktion, Such-Funktion, Pan, Zoom-Funktion
separate Darstellung der aktivierten Route (SID/STAR)	nein – gemeinsame Darstellung mehrerer Routen und der Textbeschreibung in einer Karte	ja
Verfügbarkeit	immer und direkt	Energieversorgung notwendig, nach Selektion im Menü
Vorsortieren der Karten für schnellen Zugriff	ja, aber aufwendig	jederzeit für maximal fünf Flughäfen möglich
Wechsel der Karten für anderes Ziel	durch Heraussuchen im Ordner	schneller Zugriff im Menü
Zeichnen/Schreiben	beliebig möglich	beschränkt möglich – siehe Markierung von Objekten
Zusatzinformationen zu Kartenobjekten	in gesondertem NOTAM verfügbar	durch Anklicken des Objektes und im Teil GEN

Verglichen wurden die analogen Karten des Luftfahrthandbuchs Deutschland (AIP Germany) mit den digitalen Karten des Lido eRouteManual, die in der Gestaltung mit den analogen Karten des RouteManual identisch sind. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein großer manueller Arbeitsaufwand während des Editierens der Luftfahrtkarten sowohl bei der DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH) als auch bei Lido FlightNav geleistet wird. Eine entsprechend große Bedeutung hat hier jeweils die Qualitätssicherung.

Die Chancen digitaler Luftfahrtkarten liegen nicht in der Gestaltung sondern in deren Interaktionsmöglichkeiten. Durch diese wird das Situationsbewusstsein des Piloten unterstützt. Mit einer intuitiven Menüführung bieten sie Arbeitserleichterung und eine Vereinfachung der Abläufe. Eine Anpassung und Erweiterung des Zeichenschlüssels muss jedoch immer unter Berücksichtigung der Akzeptanz durch die Nutzer stattfinden. Die Gestaltung der Menüs und die Qualität der Kartendaten haben eine entscheidende Bedeutung.

Für EFB als Anwendungsbasis digitaler Luftfahrtkarten bestehen die Chancen in der Erweiterbarkeit durch Funktionalitäten, sofern die Schnittstellen zu den Bordsystemen geschaffen werden. EFB als integriertes Informationsmedium ermöglicht so die Zusammenfassung der bisher getrennt präsentierten, in Kapitel 2 beschriebenen Quellen und steht weiteren Anwendungen offen.

Bei Einbettung der Nutzung in angepasste, standardisierte Arbeitsabläufe, einem Training der Nutzer bei Ersteinführung des Systems und einem unveränderten Maß an Sorgfalt wird ein Zugewinn an Flugsicherheit erreicht. Finanzielle und ökologische Vorteile ergeben sich durch den Wegfall der Papierdokumentation, der Revisionen für die Papierkarten sowie durch Gewichtseinsparung.



## **Erklärung**

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich diese bei der Studienkommission der Fakultät Geowissenschaften eingereichte Bachelorarbeit mit dem Thema – *Eine vergleichende Analyse zur Nutzung analoger und digitaler Karten in der Flugnavigation* – selbständig und ausschließlich unter Verwendung der in der Arbeit angegebenen Quellen angefertigt habe.

Dresden, den 31. Januar 2012

Wieland Richter

## Quellen

### Literatur

BAUER, M. (2003<sup>5</sup>): Vermessung und Ortung mit Satelliten. Heidelberg: Herbert Wichmann.

CAHILL, J./MC DONALD (2006): Human computer interaction methods for electronic flight bag envisionment and design. Technology & Work, Volume 8 issue 2. Springer Science & Business Media.

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (Revisionsstand 17. November 2011): Luftfahrtthandbuch Deutschland/Aeronautical Information Publication – AIP. Langen: Büro der Nachrichten für Luftfahrer.

Federal Aviation Administration (FAA) (2003): Advisory Circular AC 120-76A. Guidelines for the certification, airworthiness and operational approval of electronic flight bag devices.

HAKE, G./GRÜNREICH/MENG (2002<sup>8</sup>): Kartographie. Visualisierung raumzeitlicher Informationen. Berlin: Walter de Gruyter.

HECHT, H./BERKING/BÜTTGENBACH/JONAS (1999): Die Elektronische Seekarte. Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen eines neuen Navigationssystems. Heidelberg: Wichmann.

ICAO (2009<sup>11</sup>): Aeronautical Charts. Annex 4 to the Convention on International Civil Aviation. Montreal.

Joint Aviation Authorities (JAA) (2006): Safety Information Communication (SIC). Information on findings and recommendations related to the use of an Electronic Flight Bag (EFB).

Jeppesen Sanderson, Inc. (Revisionsstand 1. Dezember 2011): Jeppesen Airway Manual.

KUSE, D. (2009): A contribution to an Optimized Layout for Digital Aeronautical Charts. Diplomarbeit. Technische Universität Dresden.

Lufthansa Systems FlightNav AG (Revisionsstand 15. Dezember 2011): Lido RouteManual.

Lufthansa Systems FlightNav AG (Revisionsstand 9. Januar 2012): Lido eRouteManual, Version 4.0.0.21.12.

MC HALE, J. (2010): Future looks brighther for electronic flight bags (EFBs). In: Military & Aerospace Electronics, April 2010, Vol. 21 issue 4.

MECHAM, M. (2002): New 777 Introduces Electronic Flight Bag. In: Aviation Week & Space Technology, 00052175, 12/2/2002, Vol.157, Issue 23.

RICHTER, W. (2009): Systeme und Verfahren der Anflugnavigation. Dresden: TUDpress.

RTCA (2003): Minimum Operating Performance Standards (MOPS) for the Depiction of Navigational Information on Electronic Maps. DO 257A, RTCA, Washington DC.

SAE International (2011): Electronic aeronautical symbols. ARP 5289A. Warrendale, PA.

SHNEIDERMAN, B. (1996): The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. Department of Computer Science, Human-Computer Interaction Laboratory, and Institute for Systems Research. University of Maryland.

## Internet

ALLEN, D. (2003): Electronic Flight Bag. In: Aero No. 23. [http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero\\_23/EFB\\_story/html](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_23/EFB_story/html)

CHANDRA, D./MANGOLD (2000): Human Factors Considerations in the Design and Evaluation of Electronic Flight Bags (EFBs). Version 1: Basic Functions. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/Human%20Factors%20Considerations%20for%20the%20Design%20and%20Evaluation%20of%20Electronic%20Flight%20Bags.doc>

CHANDRA, D. (2004): A Tool for Structured Evaluation of Electronic Flight Bag Usability. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/A%20Tool%20for%20Structured%20Evaluation%20of%20Electronic%20Flight%20Bag%20Usability.doc>

CHANDRA, D./KENDRA (2010): Review of Safety Reports Involving Electronic Flight Bags. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center.

<https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/efb042010.pdf>

CHANDRA, D./YEH (2006): A Tool Kit for Evaluating Electronic Flight Bags. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/toolkit0906.pdf>

CHANDRA, D./YEH (2007): Pilot Identification of Symbols and an Exploration of Symbol Design Issues for Electronic Displays of Aeronautical Charting Information. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/pilot-identification.pdf>

CHANDRA, D./YEH/DONOVAN (2007): Pilot Identification of Proposed Electronic Symbols for Displays of Aeronautical Charting Information. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/pilot-identification.pdf>

ELLSIEPEN, I. (2005): Methoden der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Geoinformation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 31, Bonn. [http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss\\_online/landw\\_fak/2005/ellsiepen\\_iris/0552/0552.pdf](http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/landw_fak/2005/ellsiepen_iris/0552/0552.pdf)

YEH, M. (2004): Human Factors Considerations in the Design and Evaluation of Moving Map Displays of Ownship on the Airport Surface. Cambridge, MA: USDOT Volpe National Transportation Systems Center. <https://www2.hf.faa.gov/HFPortalNew/Search/DOCs/Human%20Factors%20Considerations%20in%20the%20Design%20and%20Evaluation%20of%20Moving%20Map%20Displays%20of%20Ownship%20on%20the%20Airport%20Surface%20.pdf>

## Sonstige

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Büro der Nachrichten für Luftfahrer, Abteilung Luftfahrtkarten – Herr KOGLIN. Besuch am 16. Januar 2012 in Langen.

Lufthansa Systems FlightNav AG, Abteilung Charts – Herr Serengil und Abteilung eRouteManual Delivery – Herr KÜPPER. Besuch am 9. Januar 2012 in Zürich. Telefongespräch mit Herrn Hagenlücke, Abteilung Flight Deck Solutions, am 26.01.2012.